VISIT…

ПЕНЗЕНСКОЕ ВЫСШЕЕ АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ
ОРДЕНА КРАСНОЙ ЗВЕЗДЫ УЧИЛИЩЕ

В. М. Кириллов

УТВЕРЖДЕН

Зам. командующего ракетными войсками и артиллерией в качестве учебника для слушателей училища 2 апреля 1963 года

ОСНОВАНИЯ УСТРОЙСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Свойства, баллистическое решение, патроны, стволы

Пенза — 1963

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРЕЛКОВОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Современное стрелковое оружие представляет собой сложную систему образцов, различных по степени автоматизации, принципам устройства, организационной принадлежности, назначению и условиям обслуживания.

В зависимости от **степени автоматизации** операций перезаряжания все современное стрелковое оружие делится на неавтоматическое, автоматическое и полуавтоматическое.

В неавтоматическом оружии все операции перезаряжания и производства выстрела выполняются стрелком вручную, а энергия пороховых газов используется только для сообщения пуле или снаряду поступательного и вращательного движения. В недалеком прошлом такое оружие было преобладающим. В настоящее время оно хотя и остается еще на вооружении некоторых армий в виде револьверов, магазинных винтовок и карабинов, но все больше уступает свое место более совершенному автоматическому оружию.

В автоматическом оружии все операции перезаряжания выполняются автоматически, без участия стрелка, за счет энергии пороховых газов или других (посторонних) источников энергии.

Если при автоматическом перезаряжании оружия для каждого последующего выстрела требуется новое воздействие стрелка на спусковой механизм, то такое автоматическое оружие называется самозарядным или оружием одиночного огня. По сравнению с неавтоматическим оружием оно обладает большей скорострельностью, а стрелок меньше утомляется при стрельбе и имеет возможность лучше наблюдать за обстановкой, не отвлекаясь для перезаряжания оружия после каждого выстрела и не меняя положения оружия.

Самозарядным оружие проектируется тогда, когда от него требуется серия метких одиночных выстрелов в короткий промежуток времени (автоматические пистолеты, винтовки, карабины и противотанковые ружья).

Если наряду с автоматическим перезаряжанием оружия автоматически выполняется и спуск курка (ударника) с боевого взвода для каждого последующего выстрела, то такое автоматическое оружие называется самострельным или оружием непрерывного огня. При воздействии на спусковой механизм такого оружия происходит непрерывная стрельба, автоматически выстрел следует за выстрелом, пока не кончатся патроны или не прекратится воздействие на спусковой механизм. Из такого оружия можно вести стрельбу сериями выстрелов, очередями.

Самострельным оружие проектируется тогда, когда от него требуется наибольшее число выстрелов в короткий промежуток времени (автоматы, ручные, станковые и зенитные пулеметы).

Иногда в автоматическом оружии предусматривается устройство, автоматически ограничивающее длину серии (очереди) выстрелов. Тогда оно называется оружием серийного огня. Оружие серийного огня ввиду сложности конструкции широкого распространения не получило.

Зачастую автоматическое оружие снабжается специальным механизмом (переводчиком), позволяющим переключать автоматику с одиночного огня на непрерывный и обратно. Тогда оно называется оружием двойного огня. Такое оружие позволяет вести из него меткий одиночный огонь и, при необходимости, стрелять очередями. Двойной огонь обычно предусматривается в современных автоматах, иногда в ручных пулеметах.

В полуавтоматическом оружии только часть операций перезаряжания осуществляется автоматически, а остальные операции выполняются стрелком вручную. Частичная автоматизация не приводит к существенному усложнению конструкции и увеличению веса образцов оружия, почему она и оказывается в ряде случаев рациональной. Примерами могут служить современные артиллерийские орудия с клиновым затвором и полуавтоматикой, а также некоторые образцы противотанковых ружей*.

Для приведения в действие автоматики автоматического оружия используется, за небольшим исключением, энергия пороховых газов, образующихся при выстреле. Наряду с этим имелись неоднократные попытки использовать энергию посторонних источников, главным образом электрических, авиационных поршневых двигателей (авиационное оружие). Такое оружие называется механизированным автоматическим оружием. В идее его появления лежит возможность резкого увеличения ско-

---

* 14,5-*мм* противотанковое ружье системы Дегтярева обр. 1941 г. (ПТРД) заряжалось вручную. Открывание затвора после выстрела и выбрасывание гильзы осуществлялось автоматически.

рострельности за счет исключения зависимости каждого последующего выстрела от предыдущего и за счет ускорения работы механизмов с помощью постороннего источника энергии.

Одноствольное механизированное оружие не получило распространения из-за сложности конструкции, вызванной необходимостью иметь блокировки в целях безопасности стрельбы при затяжных выстрелах и выключения двигателя при появлении неисправностей в механизмах. Указанных трудностей удается избежать на

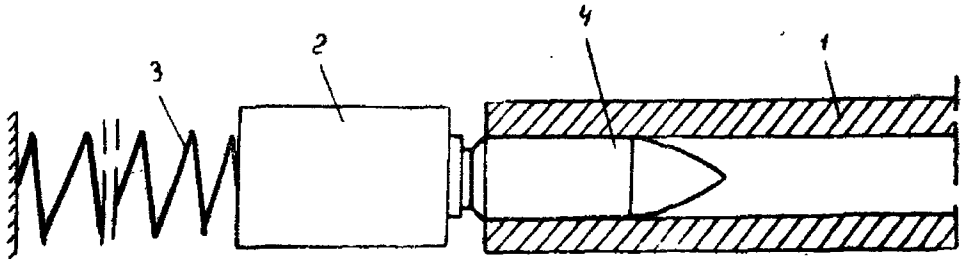

Рис. 1. Схема оружия с отдачей свободного затвора:
1—ствол; 2—затвор; 3—возвратная пружина; 4—гильза.

пути проектирования многоствольных механизированных систем, примером чего является американская 20-*мм* пушка «Вулкан».

В зависимости **от принципа использования энергии пороховых газов** для выполнения операций перезаряжания все автоматическое оружие делится в основном на два класса.

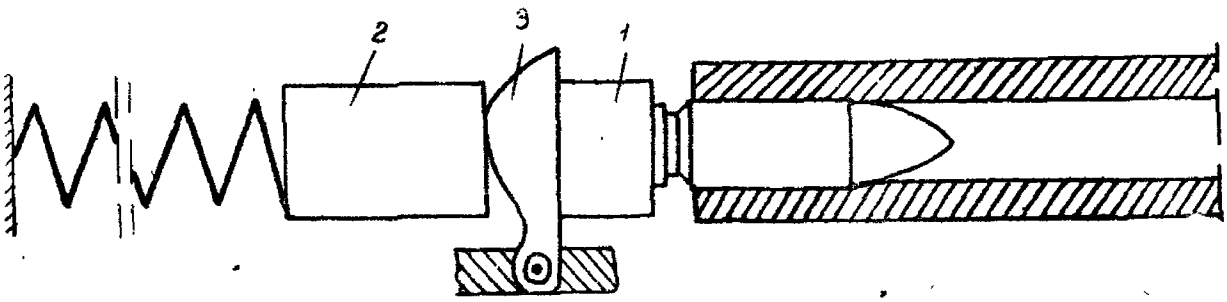

Рис. 2. Схема оружия с отдачей полусвободного затвора:
1—передняя часть затвора; 2—задняя часть затвора; 3—рычаг (ускоритель).

К первому классу относятся системы оружия, действие автоматики которых основано на использовании энергии отдачи, то есть энергии движения деталей оружия вследствие давления газов через гильзу на затвор.

Наиболее широкое распространение получили две группы оружия этого класса — оружие, автоматика которого работает за счет энергии отдачи затвора, и оружие, автоматика которого работает за счет энергии отдачи ствола.

Оружие с отдачей затвора может иметь так называемый свободный затвор, не сцепленный со стволом во время выстрела (рис. 1), и полусвободный, или торможенный затвор (рис. 2).

Ствол при выстреле из оружия с отдачей затвора остается неподвижным, а затвор получает движение вследствие давления на него пороховых газов через гильзу.

Вследствие своего большого веса затвор успевает сместиться за время движения пули по каналу ствола всего на 1—2 *мм*, получая скорость 4—6 *м/сек*. Пренебрегая энергией, затрачиваемой на перемещение гильзы с трением о патронник, несгоревших частиц заряда и пороховых газов по каналу ствола, о соотношении скоростей затвора и пули в каждый момент можно судить по следующему выражению, полученному из закона сохранения количества движения:

$$v_з = \frac{q}{Q_з} v,$$

где q, v — вес пули и ее скорость при движении в канале ствола;

$Q_з$, $v_з$ — вес и скорость затвора.

Дальнейшее движение затвора в сторону сжатия возвратной пружины совершается по инерции, а обратное движение — под действием возвратной пружины.

Системы оружия с отдачей свободного затвора возможны только при маломощных патронах с небольшим давлением пороховых газов и небольшой наружной поверхностью гильзы. Практически область применения этого принципа использования энергии пороховых газов для приведения в действие автоматики ограничивается пистолетным патроном. При более мощных патронах системам с отдачей свободного затвора присущи поперечные разрывы гильзы. Чтобы избежать этого недостатка, требуется затвор чрезмерно большого веса.

Существенным недостатком систем с отдачей свободного затвора является их чувствительность к изменению условий трения гильзы о поверхность патронника. При сухих поверхностях или засорении патронника скорость затвора получается небольшой, а при наличии смазки в патроннике или на патроне — чрезмерно большой, что сопряжено с резкими ударами затвора в заднем положении и ухудшением меткости при стрельбе очередями.

В отличие от систем со свободным затвором в системах с полусвободным затвором последний состоит из двух частей, связанных передаточным рычагом (см. рис. 2). При движении передней части затвора *1* назад задняя его часть *2* вследствие наличия рычага *3* получает большее ускорение и бо́льшую скорость, чем и объясняется торможение передней части затвора.

Полусвободный затвор может иметь меньший вес в сравнении со свободным затвором, так как разделение его на две части и относительное движение этих частей с некоторым передаточным числом κ равносильно увеличению веса затвора:

$$Q_з = Q_1 + \kappa^2 Q_2,$$

где Q_1, Q_2 — веса передней и задней частей затвора.

При отсутствии относительного движения частей затвора ($\kappa = 1$) имеем

$$Q_з = Q_1 + Q_2.$$

При том же весе полусвободного (торможенного) затвора, что и свободного, можно обеспечить нормальную работу образца оружия при более мощном патроне. Однако при таких мощных патронах, как винтовочный, все же не удается получить надежно действующего оружия с полусвободным затвором. Для пистолетных патронов нет необходимости применять полусвободный затвор как более сложный в сравнении со свободным затвором. Поэтому полусвободный затвор и не получил широкого применения. Иногда этот принцип используется для уменьшения скорости движения затвора с целью уменьшения темпа стрельбы.

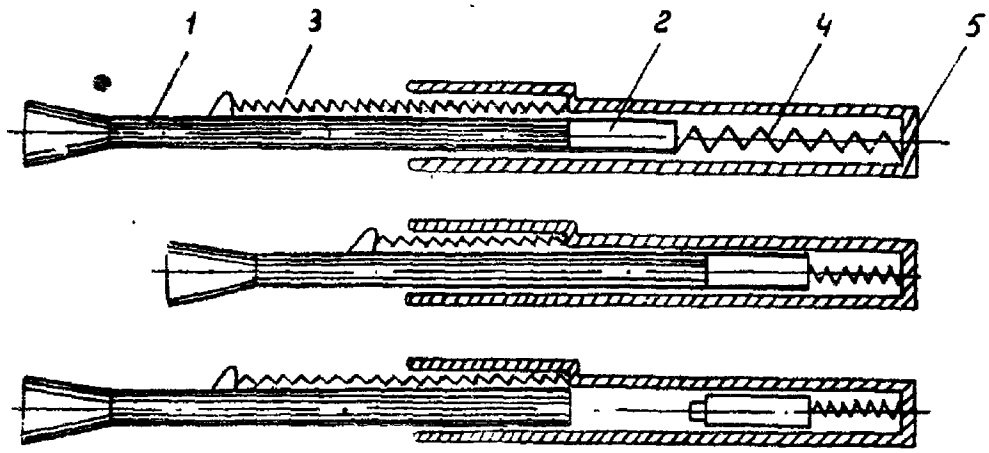

Рис. 3. Схема оружия с отдачей ствола (длинный ход ствола):
1—ствол; 2—затвор; 3—возвратная пружина ствола; 4—возвратная пружина затвора; 5—короб.

Оружие с отдачей ствола может иметь длинный ход ствола (рис. 3) и короткий ход ствола (рис. 4).

В системах оружия с длинным ходом ствола ствол и затвор перед выстрелом находятся в сцепленном положении и под действием своих возвратных пружин занимают переднее положение. При выстреле система ствол—затвор движется назад сначала под действием силы давления пороховых газов на дно канала ствола, а затем по инерции, сжимая возвратные пружины ствола и затвора.

После удара в заднем положении и некоторого смещения вперед затвор останавливается на боевом взводе, а ствол под действием своей пружины возвращается в исходное положение. При этом происходит отпирание затвора (расцепление его со стволом), извлечение гильзы из патронника и удаление (отражение) ее из пределов оружия.

По достижении стволом переднего положения затвор автоматически спускается с боевого взвода. Двигаясь под действием возвратной пружины в переднее положение, он подает очередной пат-

рон в патронник, сцепляется со стволом и производит очередной выстрел. Этот процесс движения ствола и затвора показан на рис. 5, где по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — перемещение.

Для системы с длинным ходом ствола характерна небольшая скорострельность, что объясняется большим весом частей, движущихся на большом пути, и последовательным их перемещением в переднее положение. Движение массивных частей и удары

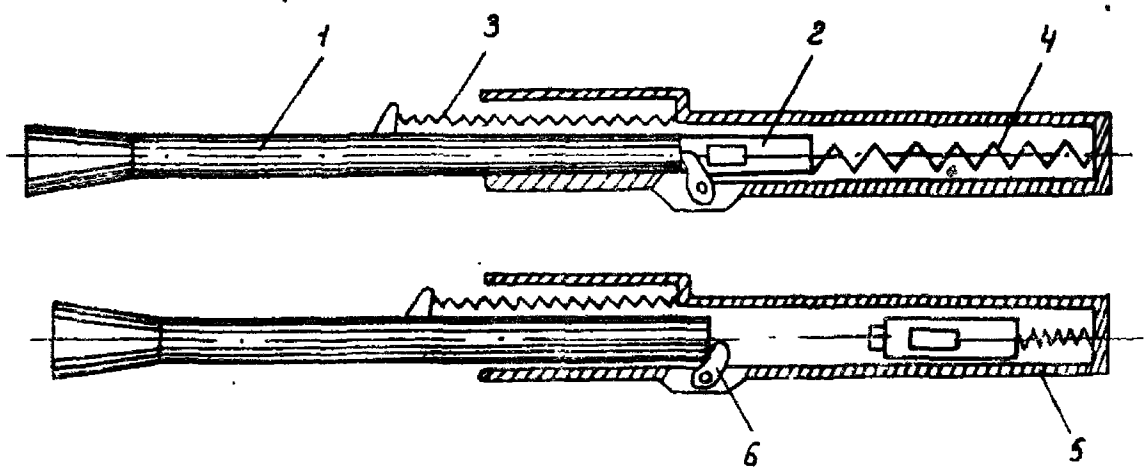

Рис. 4. Схема оружия с отдачей ствола (короткий ход ствола):
1—ствол; 2—затвор; 3—возвратная пружина ствола; 4—возвратная пружина затвора; 5—короб; 6- ускоритель.

их в переднем и заднем положениях вызывают значительные колебания оружия при стрельбе и большое рассеивание пуль. Вследствие указанных недостатков эти системы не получили широкого применения. Известен лишь один французский пулемет Шоша,

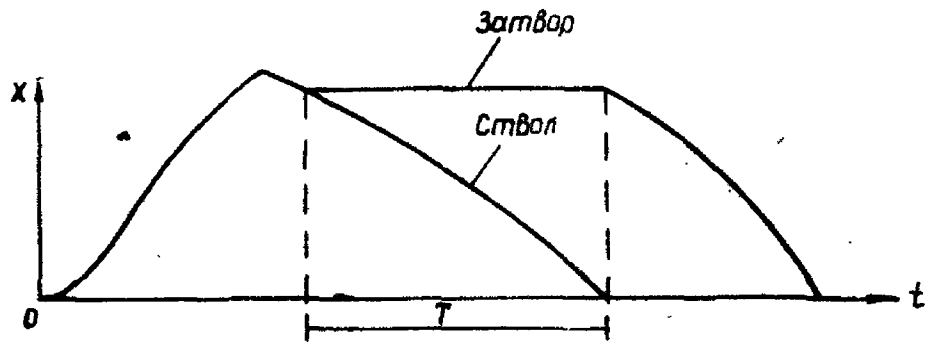

Рис. 5. Велограмма системы с длинным ходом ствола.

спроектированный по этой схеме. Не исключена возможность применения длинного хода ствола при автоматизации мощных (артиллерийских) систем, у которых большую энергию отдачи ствола приходится поглощать на большом пути его перемещения.

В системах оружия с коротким ходом ствола отпирание затвора осуществляется при движении ствола и затвора назад после небольшого их перемещения. Ствол перемещается по значительно меньшему пути в сравнении с затвором. Для энер-

гичного отбрасывания затвора от ствола в заднее положение применяются детали или механизмы, называемые ускорителями (ускоряют движение затвора). На рис. 4 показан ускоритель рычажно-кулачкового типа.

В некоторых системах этого типа при относительно легком стволе (пистолет ТТ) или при наличии постоянной кинематической связи затвора и ствола в ускорительном механизме нет необходимости, и он не применяется.

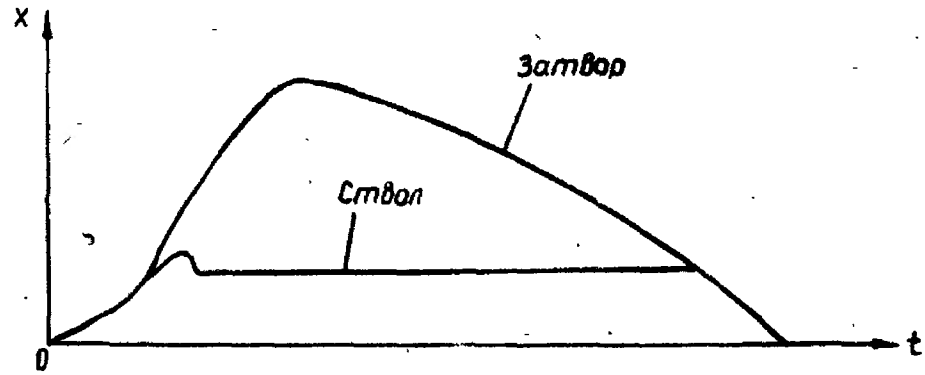

Рис. 6. Велограмма системы с коротким ходом ствола (ствол задерживается в заднем положении).

За счет энергии движения затвора обычно и выполняется большая часть операций перезаряжания. В ряде случаев для этих целей, главным образом для перемещения ленты с патронами и подачи очередного патрона в приемник, используется энергия отдачи ствола.

У оружия с коротким ходом ствола последний может удерживаться в заднем положении до прихода к нему затвора, как у пистолета Токарева (ТТ). Велограмма (график перемещения подвижных частей в функции времени) такого образца оружия показана на рис. 6.

Иногда ствол независимо от затвора возвращается под действием своей пружины в исходное положение, как у станкового пулемета обр. 1910 г. системы Максима или крупнокалиберного пулемета Владимирова (КПВ). Велограмма такого оружия показана на рис. 7.

Автоматика, действие которой основано на использовании энергии отдачи ствола при коротком его ходе, обеспечивает хорошую надежность работы механизмов при достаточно высокой скорострельности и небольшое действие отдачи оружия на станок или установку. Поэтому она широко применяется в современном автоматическом оружии, преимущественно мощном — в станковых и крупнокалиберных пулеметах и автоматических пушках.

Ко второму классу относятся системы оружия, действие автоматики которых основано на использовании энергии пороховых газов, отводимых из канала ствола. Наиболее широкое распространение получило оружие этого клас-

са с отводом пороховых газов через отверстие в стенке ствола и движением поршня назад. Схема такого оружия приводится на рис. 8.

До момента прохождения пулей газоотводного отверстия детали оружия остаются относительно неподвижными. Как только пуля пройдет отверстие, часть пороховых газов попадает в газовую камору и действует на поршень. Последний приходит в дви-

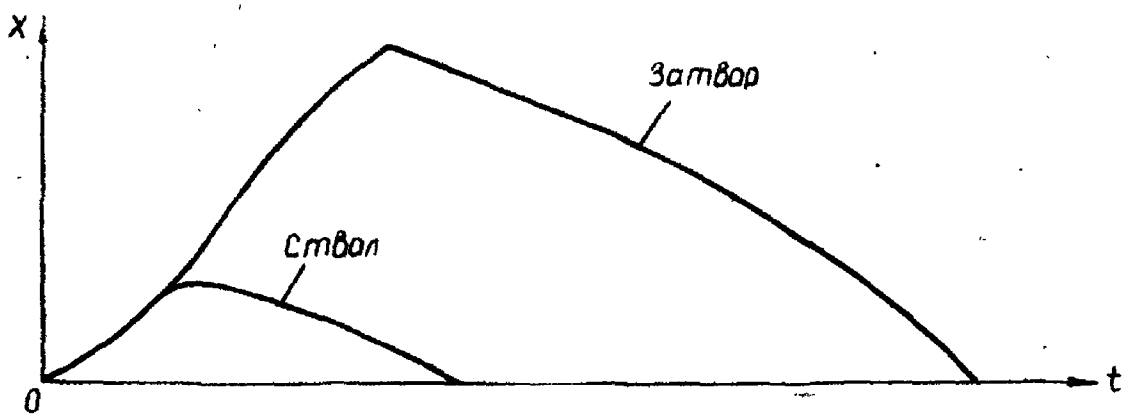

Рис. 7. Велограмма системы с коротким ходом ствола (ствол не задерживается в заднем положении).

жение и перемещает затворную раму. После некоторого свободного хода рама производит отпирание затвора и отводит его назад, сжимая возвратную пружину. Сначала рама движется под действием пороховых газов, а затем по инерции. В переднее положение рама с затвором возвращаются под действием возвратной пружины.

Встречаются две схемы таких систем: с постоянной связью поршня и затворной рамы (с длинным ходом поршня) и непостоянной связью (с коротким ходом поршня). Наиболее распространенной является первая схема, по которой проектируются обычно все пулеметы и большей частью автоматы.

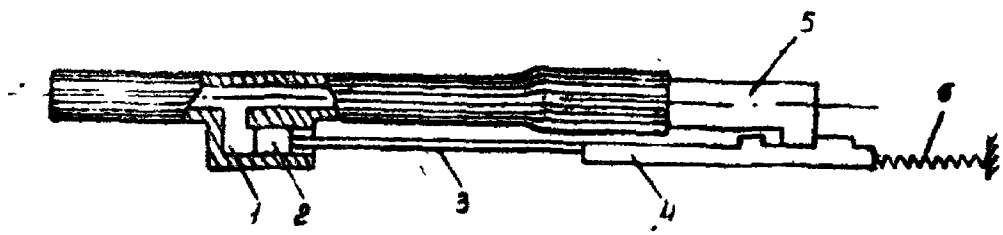

Рис. 8. Схема оружия с отводом пороховых газов (с движением поршня назад):
1—газовая камора; 2—поршень; 3—шток; 4—затворная рама; 5—затвор; 6—возвратная пружина.

Там, где имеется потребность заряжать оружие из обоймы, применяется вторая схема. Поршень в этом случае совершает небольшое движение, сообщая через толкатель необходимую кинетическую энергию затворной раме и возвращаясь в исходное положение под действием пружины толкателя. Затворная рама в подобных системах является частью затвора и называется стеблем затвора.

Системы оружия с отводом пороховых газов через отверстие в стенке ствола и движением поршня назад отличаются простотой конструкции и возможностью простого регулирования интенсивности действия газов на подвижную систему, чем и объясняется их широкое распространение.

Приведенные разновидности принципов построения автоматического оружия далеко не исчерпывают всего разнообразия принципов, на которых проектировались образцы оружия, представляющие в настоящее время лишь исторический интерес.

В зависимости от боевого назначения стрелковое оружие делится на отдельные виды, занимающие определенное место в организации частей и подразделений и предназначенные для решения конкретных задач в современном бою.

Во всех современных армиях установились следующие виды стрелкового оружия:

— автоматические пистолеты;
— пистолеты-пулеметы и автоматы;
— винтовки и карабины;
— ручные пулеметы;
— станковые пулеметы;
— крупнокалиберные пулеметы;
— зенитно-пулеметные установки;
— противотанковые ружья (разновидность противотанковых средств ближнего боя).

Все перечисленные виды стрелкового оружия состоят на вооружении главным образом стрелковых (пехотных) подразделений и являются основным средством поражения противника в ближнем бою.

В соответствии с тактическим подразделением, на вооружении которого находится стрелковое оружие, различают оружие стрелкового (пехотного) отделения, взвода, роты, батальона. Основные свойства того или иного вида оружия должны наиболее полно обеспечивать выполнение боевых задач, решаемых соответствующими подразделениями.

Наряду со стрелковыми подразделениями стрелковое оружие широко используется во всех других родах войск. В некоторых специальных родах войск (авиация, танки) стрелковое оружие получило специфическое развитие, став специальным оружием этих родов войск.

По условиям обслуживания стрелкового оружия в бою оно делится на ручное оружие, удерживаемое при стрельбе в руках, и станковое оружие, устанавливаемое при стрельбе на специальном станке или установке.

Обслуживание оружия в процессе его эксплуатации может выполняться одним человеком или боевым расчетом, состоящим из нескольких человек. В зависимости от этого различают индивидуальное и коллективное (групповое) оружие. Индивидуальное оружие личной самообороны и нападения в непо-

средственной близости к противнику называется личным оружием. Оно обычно имеет небольшие размеры и вес и, как правило, всегда носится при себе.

§ 2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Свойства оружия должны оцениваться главным образом исходя из условий его эксплуатации в войсках.

Под **эксплуатацией** стрелкового оружия понимается всестороннее использование его в бою и боевой подготовке войск, а также проведение всех технических мероприятий, направленных на поддержание его в исправности и постоянной боевой готовности.

Эксплуатация оружия в войсках охватывает, таким образом, боевое применение и техническое обслуживание его.

Боевое применение оружия заключается в тактически умелом, максимально эффективном использовании его в соответствии с тактико-техническими данными, боевыми возможностями и поставленными задачами. Оно включает в себя тактически целесообразное передвижение с оружием на поле боя, наиболее рациональное выполнение приемов стрельбы и правил ведения огня в целях наиболее эффективного выполнения боевой задачи.

Техническое обслуживание оружия заключается в поддержании его в исправности и постоянной боевой готовности в целях максимально эффективного боевого применения. Оно включает в себя надежное хранение оружия в различных условиях действий и расположения войск, сбережение оружия во всех случаях обращения с ним, регулярные тщательные осмотры оружия с целью определения его качественного состояния и выявления неисправностей, своевременный профилактический (предупредительный) и текущий ремонт оружия, своевременную проверку боя оружия, приведение его к нормальному бою или выверку прицельных приспособлений, наконец, надежную подготовку оружия к стрельбе и правильное техническое обслуживание его в процессе стрельбы.

Боевое применение и техническое обслуживание представляют собой единый процесс эксплуатации оружия, конечной целью которого является максимально эффективное решение задач в современном бою. Поэтому они находятся в тесной взаимной связи и оказывают взаимное влияние друг на друга. Эффективность, например, боевого применения оружия в значительной мере определяется техническим его состоянием или уровнем технического обслуживания. Все это, естественно, должно учитываться при определении и детализации основных свойств стрелкового оружия.

Знание комплекса основных свойств оружия специалистами-оружейниками должно помочь им правильно оценивать оружие и своевременно ставить задачи по дальнейшему его усовершенствованию на основании опыта эксплуатации, более полно учитывать эксплуатационные требования как при разработке тактико-техни-

ческого задания на проектирование, так и при проектировании нового оружия, более полно составлять программы полигонных и войсковых испытаний новых образцов оружия, правильно оценивать их свойства еще до того, как они будут приняты на вооружение армии. Все это должно помочь в значительной мере избежать тех больших изменений оружия в процессе его эксплуатации, необходимость в которых часто является очевидной и которые можно и нужно предусмотреть заранее. В результате армия должна получать образцы оружия, в лучшей мере удовлетворяющие эксплуатационным требованиям.

Добиваться своевременного улучшения эксплуатационных качеств оружия так же необходимо, как необходимо совершенствовать сами методы его эксплуатации, которые существенно зависят от устройства оружия и степени выполнения элементарных эксплуатационных требований.

Всю совокупность свойств стрелкового оружия можно разделить на две группы:

— служебно-эксплуатационные свойства и
— производственно-экономические свойства.

К служебно-эксплуатационным свойствам оружия относятся:

1) эффективность, или действительность стрельбы;
2) маневренность;
3) приспосабливаемость к местности;
4) надежность действия;
5) безопасность в обращении;
6) удобство обслуживания;
7) простота содержания.

Эффективность стрельбы

К **эффективности стрельбы** относятся такие свойства оружия, которые характеризуют возможности воздействия его на противника при нормальном техническом состоянии и безотказном действии. К ним относятся: действие пуль по целям, боевая скорострельность, меткость стрельбы и дальнобойность.

Под **действием пули по цели** понимается тот эффект, который она производит, будучи выпущенной из данного образца оружия и попадая в типичную цель на рассматриваемой дальности.

Применительно к оружию, предназначенному главным образом для поражения живой силы противника (пистолеты, автоматы, карабины, ручные и станковые пулеметы), здесь прежде всего имеется в виду *убойное действие* пули, обеспечивающее поражение противника вследствие нарушения жизненных функций организма. Для револьверов и пистолетов, применяемых для стрельбы по противнику, находящемуся в непосредственной близости, наряду с убойным действием имеет большое значение *останавливающее действие* пули, то есть способность пули наиболее быстро расстраивать жизненные функции организма, немедленно лишая противника возможности владеть своим ору-

жием и способности к дальнейшему сопротивлению (произвести ответный выстрел, нанести удар холодным оружием, бросить гранату и т. п.).

Убойное и останавливающее действия пули в значительной мере определяются ее боковым действием — способностью наносить поражения соседним с пулевым каналом областям организма. Боковое действие пули расширяет область поражения, увеличивая вероятность поражения наиболее важных для жизни органов.

При оценке этого свойства оружия приходится оценивать факторы, влияющие на убойное действие. К ним относятся: калибр оружия, скорость пули в момент встречи ее с целью, форма головной части пули, способность пули деформироваться, устойчивость пули при движении в организме.

Применительно ко всем видам стрелкового оружия под действием пули по цели понимается также пробивное действие пули при стрельбе по различным преградам, характеризуемое глубиной проникновения ее в различные преграды на рассматриваемых дальностях. Факторы, определяющие пробивное действие пули, те же, что определяют убойное действие, только влияние их качественно иное. Увеличение калибра, притупление головной части пули, склонность ее к деформированию, повышающие убойное действие, при сохранении равными прочих условий уменьшают пробивное действие. Увеличение скорости пули сопровождается увеличением пробивного действия при стрельбе по некоторым преградам только до определенного предела. При определенной для каждой среды скорости пули наступает заметная ее деформация при ударе, и дальнейшее увеличение скорости пули сопровождается уменьшением ее пробивного действия. В связи с этим среди прочих мер, направленных на увеличение пробивного действия, имеет большое значение повышение прочности пули. При невозможности обеспечить прочность пули в целом в их конструкциях предусматриваются стальные или карбидовольфрамовые сердечники.

Для стрельбы из стрелкового оружия предусматривается большая номенклатура специальных пуль, в связи с чем приходится рассматривать также такие виды их действия, как трассирующее, зажигательное, разрывное и др.

Действие пули по цели характеризует эффективность отдельного удачного (при попадании в цель) выстрела. Частота попаданий зависит от меткости, скорострельности и дальности. От дальности до цели зависит также само действие пули по цели.

Под **боевой скорострельностью** понимается скорострельность (число выстрелов в минуту), которая может быть обеспечена в боевых условиях при стрельбе из данного образца оружия с сохранением свойственной ему меткости, с учетом вида огня и затрат времени на прицеливание, заряжание и перезаряжание оружия, устранение возникающих при стрельбе задержек и перенос огня с одной цели

на другую. Так как практически она определяется не в боевых, а в искусственно созданных условиях, то ее называют еще **практической скорострельностью**.

На боевую, или практическую скорострельность оказывают влияние такие свойства материальной части, как удобство заряжания и перезаряжания оружия, в значительной мере определяющее время выполнения этих операций, техническая скорострельность или темп стрельбы, гибкость огня, емкость магазина или патронной ленты и предельный режим огня.

Удобство заряжания оказывает существенное влияние на скорострельность, особенно при небольших емкостях магазинов и лент, поэтому в оружии предусматривается все, чтобы сделать заряжание удобным и быстрым.

Темп стрельбы (или техническая скорострельность) означает число выстрелов, которое можно произвести из самострельного автоматического оружия в единицу времени при непрерывном автоматическом огне. Эта характеристика оружия полностью определяется временем цикла работы автоматики.

У автоматов, ручных и станковых пулеметов считается рациональным иметь темп стрельбы порядка 600—650 выстрелов в минуту. Изменение его у этих видов оружия не приводит к существенному изменению боевой скорострельности.

Для зенитного и авиационного оружия темп стрельбы имеет большое самостоятельное значение, так как, учитывая кратковременность ведения огня по зенитным (авиационным) целям, он практически совпадает с боевой скорострельностью этих видов оружия. Зенитное и авиационное оружие поэтому должно обладать наиболее высоким темпом стрельбы. Исходя из этих же соображений часто на зенитных и авиационных установках комплексируется несколько пулеметов (автоматических пушек).

Гибкость огня, или огневая маневренность объединяет совокупность таких свойств материальной части, которые обеспечивают, с одной стороны, быстроту открытия огня, с другой, — быстроту наведения оружия и переноса огня с одной цели на другую. Сюда относятся качества механизмов наведения и фиксации наводки, углы вертикального и горизонтального наведения, угловые скорости наведения и т. п.

Предельный режим огня означает максимальный уровень скорострельности, обусловленный обеспечением безотказности действия механизмов оружия, сохранением прочности и живучести его деталей, безопасности при стрельбе и присущей ему эффективности.

Таким образом, предельный режим огня, как свойство материальной части, может ограничивать боевую скорострельность до определенного уровня, за которым возможно нарушение нормальной работы оружия. В этом смысле режим огня оказывает влияние на скорострельность.

Под **меткостью стрельбы** понимается совокупность степени группирования точек попадания вокруг центра группирования (куч-

ность попаданий) и степени совмещения центра группирования с желаемой точкой цели (направленность стрельбы).

Меткость стрельбы обычно рассматривается как искусство стреляющего. Вместе с тем она в значительной мере определяется свойствами оружия, к которым относятся в первую очередь характеристики рассеивания, присущие данному образцу оружия.

Большое значение для меткости стрельбы имеют такие свойства материальной части, как стабильность боя, то есть однообразие результатов при различных стрельбах и в различных условиях, например, при различном положении штыка, различном наполнении магазина патронами и т. п., а также степень чувствительности оружия к влиянию внешних условий на результаты стрельбы (ветра, плотности воздуха, углов места цели, ошибок в определении дальности до цели и т. п.).

К этой проблеме прямое отношение имеют баллистические качества оружия — калибр, форма и вес пули, начальная скорость пули. Рациональный выбор баллистических характеристик оружия с учетом необходимости выполнения целого ряда других важных требований к оружию (маневренность, скорострельность, надежность и т. п.) является одной из самых сложных задач проектирования стрелкового оружия.

В современных условиях ведения боя, когда придается большое значение ночным действиям войск, важным является такое свойство оружия, как приспособленность для прицельной стрельбы в условиях ограниченной видимости и ночи.

Под **дальнобойностью** понимается совокупность свойств оружия, связанных с дальностью стрельбы. Одним из таких свойств является предельная дальность полета пули, характеризующая предельные возможности применения оружия. Для большинства артиллерийских систем, за исключением противотанковых, эта характеристика является наиболее важной. Для стрелкового оружия она не является характерной при оценке его свойств, так как предельные дальности полета пуль практически не используются при стрельбе из стрелкового оружия вследствие резкого понижения меткости и эффективности стрельбы.

Важным свойством оружия является дальность действительного огня, то есть такая дальность, при стрельбе на которую еще обеспечивается достаточно высокая вероятность попадания и достаточно эффективное действие пули по данным типичным целям. Заметим, что эта дальность для стрелкового оружия обычно не превосходит одной трети предельной дальности полета пули, является до некоторой степени условной и может в различное время изменяться в зависимости от наличия в армии и состояния других средств борьбы с живой силой противника. Так, например, дальность действительного огня станковых пулеметов за период Великой Отечественной войны в силу насыщения армии артиллерийскими орудиями и минометами уменьшилась более чем в два раза и сократилась для других видов стрелкового

оружия. Оказалось более рациональным обеспечивать большие дальности не стрелковым оружием, а другими средствами.

Другой важной характеристикой дальнобойности стрелкового оружия является дальность прямого выстрела по типичной цели, то есть дальность, при стрельбе на которую максимальная высота траектории равна высоте цели. Она характеризует настильность траектории и другие связанные с этим свойства оружия.

При оценке дальнобойности образцов стрелкового оружия приходится обращать внимание на прицельную дальность, соответствующую наибольшему делению прицела. Однако эта характеристика является всецело субъективной. Она может существенно меняться без какого-либо изменения других свойств оружия. Важным является лишь то, чтобы прицельная дальность несколько превышала дальность действительного огня.

Эффективность стрельбы как свойство оружия поддается более или менее точной количественной характеристике с помощью так называемого коэффициента эффективности стрельбы или показателя действительности стрельбы, который выбирается в зависимости от целевого назначения оружия.

Основным показателем, или критерием, действительности стрельбы является вероятность поражения цели. Для случая стрельбы по одиночной цели она имеет выражение

$$W = \sum_{m=1}^{n} p_{m,n} G(m),$$

где $p_{m,n}$ — вероятность получения m попаданий из n произведенных выстрелов;

$G(m)$ — вероятность поражения цели при условии попадания в нее m пуль (снарядов).

Величину $G(m)$ называют еще условным законом поражения цели. Она означает относительную уязвимость цели при попадании пулей (снарядом) данного типа и определяется на основании опытных стрельб.

Для вывода из строя открытой живой цели считается достаточным одного попадания. Тогда $G(m) = 1$, и вероятность поражения определяется как вероятность хотя бы одного попадания p_1.

Если по цели сделана очередь в s выстрелов, то вероятность поражения такой цели

$$W = p_{1(s)},$$

где $p_{1(s)}$ — вероятность хотя бы одного попадания в очереди.

Для случая стрельбы по групповой цели в качестве показателя действительности стрельбы принимается математическое ожидание числа пораженных целей в единицу времени

$$M = \frac{n}{s} p_{1(s)},$$

где n — боевая скорострельность.

Следует подчеркнуть, что остальные свойства оружия имеют прямую и тесную связь с эффективностью. На самом деле, можно иметь большие возможности для высокой эффективности — эффективное действие пуль по целям, высокую скорострельность и хорошую меткость стрельбы на различных дальностях. Вместе с тем эти возможности могут не стать действительностью из-за низких других эксплуатационных качеств оружия — низкой маневренности, ненадежного действия, неприспособленности к местности или неудобного обслуживания. Эффективность стрельбы проявляется, таким образом, через другие эксплуатационные свойства. В этом заключается связь эффективности с другими эксплуатационными свойствами оружия.

Маневренность

К маневренности относятся свойства оружия, характеризующие его подвижность и удобство транспортировки при действиях войск в различных условиях. Она включает в себя вес оружия, вес боекомплекта патронов, размеры оружия, удобство перевода системы из походного положения в боевое и обратно, возможности стрельбы на ходу или при коротких остановках и удобство транспортировки.

Вес оружия является наиболее существенной характеристикой маневренности оружия в боевом и походном положениях, определяющей зачастую маневренные качества оружия в целом. Небольшой вес особенно важен для ручного оружия (автоматы, карабины, ручные пулеметы), носимого и применяемого отдельными стрелками в самых различных условиях.

Оценка образца оружия по этой характеристике должна производиться с учетом мощности патрона, степени автоматизации оружия и боевой скорострельности. Это можно сделать, пользуясь условным коэффициентом использования металла

$$\eta = \frac{E_0}{Q} \cdot \frac{n_т}{60} \left[\frac{кГм}{сек \cdot кГ} \right],$$

где E_0 — дульная энергия пули в $кГм$;

Q — вес оружия в $кГ$;

$n_т$ — темп стрельбы (выстрелов в минуту).

Эта характеристика показывает, как производительно используется вес оружия. Чем она больше, тем рациональнее используется вес оружия (металл), тем выше показатель маневренности оружия.

Следует отметить, что в таком виде коэффициент использования металла более или менее полно характеризует лишь конструкцию оружия, достижения при его проектировании, и недостаточно характеризует действительные маневренные качества, поскольку в нем не учитывается емкость магазинов (лент, патронных коробок), их количество при оружии, боевая скорострельность. Поэтому более правильно было бы пользоваться в качестве

характеристики маневренности следующим выражением для коэффициента использования металла (наряду с абсолютной величиной веса):

$$\eta = \frac{E_0}{Q_м} \cdot \frac{n}{60},$$

где n — боевая скорострельность (выстрелов в минуту);
$Q_м$ — вес оружия с запасными магазинами, лентами, коробками и патронами в них, обеспечивающими данную боевую скорострельность.

Степень объективности этой характеристики зависит от метода определения боевой скорострельности, от того, за какой промежуток времени она определяется. Дело в том, что при малых промежутках времени стрельбы не учитывается время снаряжения магазинов и лент, тогда как при больших промежутках времени стрельбы и ограниченном количестве запасных магазинов (лент) это неизбежно пришлось бы учитывать. Данные для определения этого времени и боевой скорострельности следует искать исходя из типичных условий боевого применения данного вида оружия, из продолжительности наиболее типичных моментов боя, когда данный вид оружия должен применяться непрерывно. Когда нет условий для определения боевой (практической) скорострельности методом отстрела образцов, она может быть определена приближенно методом расчета по формуле Малиновского В. А.

$$n = \frac{60}{\frac{t_н}{s} + t_ц + \frac{t_з}{e}},$$

где $t_н$ — время прицеливания (наводки) в *сек*;
$t_з$ — время заряжания оружия в *сек*;
$t_ц$ — время цикла работы автоматики в *сек*;
e — емкость магазина или ленты;
s — длина очереди.

Входящие в формулу величины $t_н$, $t_з$ могут быть определены опытным путем без стрельбы. Точностью определения этих величин определяется и точность определения практической скорострельности.

Следует заметить, что приведенная формула предполагает достаточное количество снаряженных магазинов (лент) и не учитывает времени их снаряжения.

Сравним по коэффициенту использования металла ротный пулемет обр. 1946 г. и модернизированный пулемет Дегтярева (табл. 1).

Данные таблицы показывают, что без учета боевой скорострельности, веса и емкости магазинов (лент) ДПМ имеет больший коэффициент использования металла. Стоит только учесть боевую скорострельность, патроны и магазины (ленты), как станет ясно, что РП-46 имеет преимущество над ДПМ при большем

количестве патронов (в данном случае в расчет принято 3 коробки, т. е. 750 патронов у РП-46 и 2 коробки, т. е. 282 патрона у ДПМ).

Таблица 1

Величины коэффициента использования металла

Оружие	E_0 кГм	n в/мин	Q кГ	$Q_м$ кГ	$\frac{E_0}{Q} \cdot \frac{n_т}{60}$	$\frac{E_0}{Q_м} \cdot \frac{n}{60}$
ДПМ	345	80	9,4	23,5	367	19,9
РП-46	345	250	13,0	42,3	265	34,2

Вес боекомплекта патронов, а также комплекта магазинов, лент и коробок, в которых размещается боекомплект патронов при оружии, имеет, таким образом, большое значение для маневренных качеств оружия. Проблема его тесно связана с проблемой наивыгоднейшего патрона, обладающего достаточной мощностью, в то же время — небольшими размерами и весом, и позволяющего иметь большой боекомплект небольшого веса, большую емкость питания (магазинов, лент), высокие маневренные качества и большую боевую скорострельность оружия.

Размеры оружия в боевом и походном положениях, компактность его, связанная с удобством транспортировки и применения в различных боевых условиях, является существенным показателем маневренности. Если проследить историю любого вида стрелкового оружия, то развитие его все время шло в направлении уменьшения размеров и веса.

Удобство и быстрота перевода системы из походного положения в боевое и обратно имеет большое значение для всех видов стрелкового оружия, особенно для оружия, предназначенного для стрельбы по быстро появляющимся и быстро движущимся целям (зенитное и противотанковое оружие).

Возможность эффективной стрельбы на ходу или при коротких остановках диктуется условиями ведения современного боя, отличающегося стремительностью наступательных операций, большими скоростями передвижения войск на поле боя и возросшей ролью плотности огня стрелкового оружия. Это свойство требуется не только от таких видов оружия, как карабин, автомат, ручной пулемет, но и таких, как станковый пулемет, крупнокалиберный пулемет, зенитные и противотанковые средства ближнего боя, к которым такое требование раньше не предъявлялось.

Удобство транспортировки включает в себя целый ряд показателей, характеризующих возможности передвижения в различных условиях:

— удобство ношения ручного оружия в походе, при передвижении на поле боя и при переездах на автомашинах, бронетранспортерах и других видах транспорта;

— возможность и быстрота разборки тяжелого оружия на агрегаты для переноски в условиях гор, болот, лесистой и пересеченной местности, а также удобство и быстрота сборки и приведения его в боевую готовность;

— проходимость тяжелого оружия в различных условиях;

— способы и допускаемые скорости передвижения;

— тяговые усилия в различных условиях передвижения;

— устойчивость и поворотливость в движении;

— удобство расположения и крепления на различных видах транспорта;

— степень боевой готовности при транспортировке;

— прочность крепления и невозможность утери отдельных деталей при транспортировке оружия.

Все эти показатели применимы к различным видам оружия, естественно, в различной степени.

Приспосабливаемость к местности

Приспосабливаемость к местности включает в себя такие свойства оружия, которые позволяют успешно использовать его для стрельбы в условиях самой разнообразной местности.

К ним относятся:

— высота линии огня, возможности и пределы ее изменения;

— высота (высоты) нулевой линии прицеливания;

— возможности и пределы углов выравнивания системы на местности;

— возможность успешного применения на твердом и мягком грунтах, в условиях песков и снежного покрова;

— приспособленность для стрельбы из различных оборонительных сооружений и средств транспортировки.

Надежность действия

Под надежностью действия понимается совокупность свойств, характеризующих безотказность работы оружия, живучесть его и неуязвимость в бою.

Безотказность действия оружия является одним из важнейших эксплуатационных свойств его. Ненадежно действующее оружие, как показывает опыт, не оставляется на вооружении армий. При этом важно обеспечить безотказность действия оружия в тех разнообразных условиях, в которых оно может находиться при ведении боя, — при низких и высоких температурах, — при действии влаги, при различной степени засоренности (запылении), при различном состоянии смазки, при различных положениях оружия во время стрельбы и т. п. Для надежного действия оружия большое значение имеет закрытость его механизмов.

Безотказная работа механизмов оружия немыслима при низкой живучести его деталей, частых поломках их и быстром износе.

Живучесть оружия, характеризующая продолжительность нормальной работы его деталей без поломок и износа свыше допу-

скаемых пределов, включает в себя прочность узлов и деталей, износостойкость деталей, в частности ствола, нерасстраиваемость механизмов при работе, а также возможности регулировок механизмов, в том числе наличие компенсаторов износа деталей.

Неуязвимость оружия в бою означает удобство маскировки его в различных условиях ведения боя, отсутствие непрочных внешних частей, легко выводимых из строя ударной волной, пулями, осколками мин и снарядов, а также защищенность наиболее важных частей и механизмов от боевых повреждений.

Безопасность в обращении

Безопасность стрельбы из оружия, работы механизмов автоматики и обращения с оружием в любых условиях определяется рядом свойств, к которым относятся:

— прочность деталей, воспринимающих давление пороховых газов при выстреле (ствол и детали узла запирания);

— невозможность самопроизвольного отделения в процессе стрельбы деталей, воспринимающих давление пороховых газов;

— степень безопасности от травмирования при повседневном обращении с оружием в различных условиях, в том числе при случайных нарушениях правил обращения с материальной частью;

— наличие ограничителей поворота качающейся и вращающейся частей оружия (станка, установки);

— наличие внешних признаков заряженности оружия;

— наличие предохранителей.

Конструкцией предохранителей и всей системы механизмов оружия должны быть исключены выстрелы при незапертом затворе, в процессе заряжания, а также преждевременное отпирание затвора при выстреле и самовоспламенение патрона от сильного нагрева ствола.

Удобство обслуживания

Удобство обслуживания оружия определяется рядом его свойств, к которым относятся:

— величины необходимых усилий и затрачиваемой стрелком энергии при действии механизмами и устройствами во время стрельбы и в других случаях обращения с оружием — при переводе системы из походного положения в боевое и обратно, при изменении высоты линии огня, при выравнивании системы на местности, при заряжании, наведении и т. п.;

— степень воздействия на стреляющих—характеристики отдачи (имеют значение для ручного оружия), резкость звука, степень действия пороховых газов, выходящих из казенной части ствола вследствие нарушения обтюрации или раннего отпирания затвора и отражаемых дульными устройствами (тормозами), температурные воздействия и меры против ожогов (наличие предохранительных кожухов, неметаллических деталей и т. п.);

— прикладистость оружия, т. е. удобство расположения его в руках при стрельбе, позволяющее удобно вести стрельбу при различных положениях, что имеет большое значение для ручного оружия (пистолеты, автоматы, карабины и ручные пулеметы);

— удобство и простота действия различными механизмами, направления движения маховиков, рукояток и т. п.;

— количество операций при обслуживании, число обслуживающих (расчет), их занятость и положения в процессе стрельбы и в других случаях обращения с оружием;

— наличие и удобство сидений, подножек, подлокотников, наплечников и других приспособлений, облегчающих обслуживание;

— наличие и видимость шкал, указателей, табличек и других необходимых надписей и знаков на материальной части и удобство пользования ими.

Простота содержания

К простоте содержания относятся свойства оружия, обеспечивающие наиболее простой уход за ним в процессе повседневного с ним обращения, простое и надежное хранение и сбережение его в различных условиях. Сюда входят:

— простота устройства оружия, однотипность и унификация его деталей и механизмов по отношению других существующих образцов оружия, что имеет большое значение как для совершенного освоения его армией, так и для эксплуатации его в войсках;

— простота и удобство сборки и разборки для чистки и смазки оружия, степень полноты разборки механизмов, допускаемой в войсках, невозможность неправильного присоединения отдельных узлов и деталей при сборке оружия;

— простота и удобство проверки боя оружия, приведения его к нормальному бою или выверки прицельных приспособлений;

— приспособленность оружия к длительному хранению в неблагоприятных условиях — наличие и качество защитных покрытий, антикоррозийная стойкость материалов, закрытость конструкции, отсутствие трудно очищаемых глубоких гнезд, пазов и выемов, — мест скопления грязи и ржавления оружия;

— наличие простой и удобной в пользовании принадлежности, пригодной для высококачественного ухода за оружием, степень размещения ее на самом оружии;

— технологичность ремонта или простота, удобство и дешевизна восстановления боевых качеств оружия после полученных повреждений и износа в ограниченное время с применением простого оборудования и инструментов (степень эксплуатационной взаимозаменяемости применяемых деталей и сборок, унификация деталей, простота их отделения и присоединения, возможности применения высокопроизводительных методов восстановления изношенных деталей и т. п.).

Производственно-экономические свойства

К производственно-экономическим свойствам оружия относится совокупность свойств, обеспечивающих простоту и дешевизну изготовления оружия при соблюдении всех других его качеств. Совокупность этих свойств характеризуется технологичностью конструкции оружия, в понятие которой входит:

— простота конструкции отдельных деталей, узлов и оружия в целом (число и простота деталей, удобство их обработки и освоения в производстве);

— наименьший объем механической обработки и сборочных работ, возможности применения высокопроизводительных методов обработки (штамповка, сварка, литье по выплавляемым моделям и под давлением, скоростное резание и т. п.);

— унификация деталей и сборок, позволяющая использовать стандартный и нормальный инструмент, расширить взаимозаменяемость деталей;

— степень точности и чистоты обработки деталей, применение компенсаторов (регуляторов) узловых размеров, позволяющих снизить точность и стоимость обработки при сохранении других свойств оружия;

— простота станочного оборудования, инструмента и приспособлений, возможности привлечения к изготовлению оружия широкого круга предприятий, их кооперирования и использования невысокого уровня квалификации рабочей силы;

— дешевизна и недефицитность материалов, их унификация и возможности применения заменителей основных материалов.

Производственно-экономические свойства обычно оцениваются себестоимостью, трудоемкостью изготовления, продолжительностью цикла изготовления и другими показателями.

Рассмотренные выше основные свойства стрелкового оружия находятся в тесной взаимной связи и зависимости между собой, что следует учитывать как при проектировании новых образцов оружия, так и при оценке существующих образцов. Целый ряд свойств носит противоречивый характер. Практические меры по обеспечению одних желаемых свойств часто противоречат практическим мерам по обеспечению других свойств. Например, снижение веса и габаритов оружия, необходимое для повышения его маневренных качеств, приводит обычно к ухудшению устойчивости оружия при стрельбе, к снижению меткости и эффективности стрельбы. В свою очередь, специальные меры по улучшению устойчивости оружия при стрельбе могут привести к усложнению устройства, эксплуатации и производства оружия. В этих условиях задача специалистов-оружейников, причастных к составлению тактико-технических требований на новое оружие и к проектированию новых образцов оружия, заключается в том, чтобы разумно сочетать противоречивые требования, найти оптимальное решение, не упустив наиболее существенное.

§ 3. ВИДЫ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Автоматические пистолеты

Автоматические пистолеты пришли на смену револьверам*, обладающим низкой боевой скорострельностью вследствие неудобного перезаряжания. Они являются личным оружием нападения и защиты и предназначаются для стрельбы по живым целям в непосредственной близости от противника (до 50 *м*). Отдельные образцы пистолетов, снабженные прикладом, позволяют вести действительный огонь на дальности до 150—200 *м*.

Учитывая небольшие дальности применения пистолетов, к ним предъявляется требование обеспечивать достаточное останавливающее действие пули. С этой целью калибр пистолетов остается достаточно большим (наиболее распространенным является калибр 9 *мм*), и применяются тупоконечные пули с короткой оживальной частью.

Автоматические пистолеты, как правило, являются самозарядным оружием, обеспечивающим ведение только одиночного огня. Лишь у отдельных образцов предусматривается, наряду с одиночным огнем, автоматический огонь короткими очередями. В последнем случае к пистолетам предусматривается приклад, обеспечивающий лучшую устойчивость оружия при стрельбе очередями и более высокую эффективность огня. В качестве приклада обычно используется кобура, в которой носится пистолет. Питание патронами в автоматических пистолетах осуществляется из магазинов коробчатой формы, размещаемых в рукоятке и имеющих емкость от 7 до 20 патронов.

Для повышения скорострельности предусматривается удобная и быстрая смена магазинов после израсходования патронов. С этой же целью предусматриваются затворные задержки, позволяющие остановить затвор в заднем положении по израсходовании патронов в магазине и быстро отпустить его после замены магазина.

В результате этих мер практическая скорострельность при стрельбе из пистолетов одиночными выстрелами составляет 25 — 40 *выстр/мин*, а при стрельбе короткими очередями до 90 *выстр/мин*.

Особые условия применения пистолетов (внезапное появление противника в непосредственной близости) требуют от них таких свойств, как быстрота открытия огня и хорошая меткость стрельбы при неблагоприятных условиях прицеливания, связанных часто с недостатком времени для прицеливания.

В целях быстрого открытия огня у пистолетов предусматриваются самовзводные ударно-спусковые механизмы с удобным выключением предохранителей и заблаговременная подача патрона в патронник. Естественно, что все операции подготовки

---

* У револьверов в отличие от пистолетов патроны располагаются не в магазине, а во вращающемся барабане.

пистолета к немедленному открытию огня (извлечение оружия из кобуры, снятие с предохранителя и производство выстрела) выполняются обычно одной рукой. Исходя из тех же соображений пистолеты должны обладать высокой надежностью (безотказностью) действия.

Для обеспечения хорошей меткости при стрельбе как с прицеливанием, так и навскидку в случае внезапного появления противника в непосредственной близости, пистолеты должны быть максимально прикладистыми и иметь плавные спуски при небольших усилиях спуска. Прикладистость достигается максимальным приближением центра тяжести пистолета к оси канала

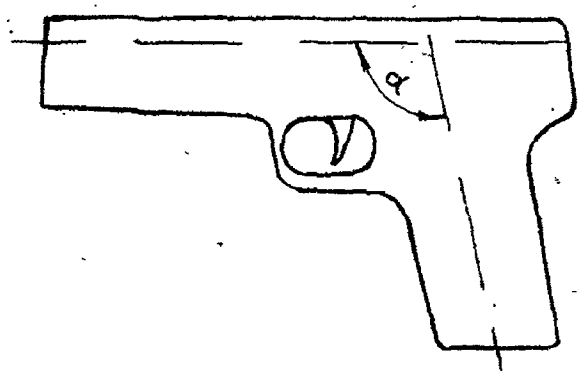

Рис. 9. **Схема расположения рукоятки пистолета относительно оси канала ствола.**

ствола и к рукоятке пистолета. Эти меры позволяют уменьшить плечо отдачи и момент веса оружия относительно кисти руки. Большое значение для прикладистости имеет угол наклона рукоятки к оси канала ствола (рис. 9).

Таблица 2

Основные данные автоматических пистолетов

Наименование пистолета	Калибр (*мм*)	Вес (*кГ*)	Емк. магаз. (патр.)	Скорострельность (*в/мин*)	Вес патрона (*Г*)	Вес пули (*Г*)	Начальная скорость пули (*м/сек*)
ТТ обр. 1933 г. (СССР)	7,62	0,85	8	30	10,7	5,5	440
Макарова (СССР)	9	0,73	8	30	10	6,1	315
Стечкина (СССР)	9	1,02	20	40	10	6,1	340
Вальтер (Германия)	9	0,90	8	30	12,2	8	330
Парабеллум (Германия)	9	0,89	8	30	12,2	8	330
Веблей (Англия)	9	0,96	8	30	—	7,13	325
Веблей-Скотта (Англия)	11,56	1,11	7	25	—	11,43	228
Кольт (США)	11,43	1,07	7	25	19,5	13,8	250
Стар (Франция)	7,65	0,73	8	30	—	4,6	340
Сент-Этьен (Франция)	9	0,82	9	30	—	8,0	330

Оптимальной считается величина угла наклона $\alpha = 110—115°$. Форма и размеры рукоятки выполняются так, чтобы она удобно обхватывалась и удерживалась в руке.

У большинства пистолетов усилие спуска курка с боевого взвода находится в пределах 2—3 *кГ*, а при стрельбе самовзводом 4—5 *кГ*. У ряда пистолетов предусматривается предупреждение о спуске курка в виде заметного изменения усилия на спусковом крючке непосредственно перед спуском курка.

Указанные меры позволяют надежно поражать противника в непосредственной близости выстрелом без прицеливания (навскидку) и прицельными выстрелами на некотором удалении. При стрельбе прицельным одиночным огнем на дальности 50 *м* кучность боя современных пистолетов характеризуется величинами радиусов рассеивания порядка $r_{50} = 6 — 8$ *см* и $R_{100} = 12 — 16$ *см*.

Необходимостью носить пистолет всегда при себе и иметь его заряженным обусловлено требование небольшого веса и габаритов, а также высокой безопасности обращения. Вес существующих пистолетов (без патронов) находится большей частью в пределах 0,6—1,1 *кГ*, а длина — в пределах 160—220 *мм*. В целях безопасности обращения предусматриваются надежно действующие предохранители, исключающие случайные выстрелы, наружное расположение курка, иногда специальные указатели патрона в патроннике, позволяющие по внешнему виду оружия определить степень безопасности обращения с ним.

Разборка и сборка пистолетов, особенно неполная, и подготовка их к стрельбе производится обычно с помощью простых приемов и без применения специального инструмента.

Вследствие небольших дальностей стрельбы пистолеты обычно имеют одну установку прицела и пристреливаются двумя способами:

— с превышением средней точки попадания (стп) над точкой прицеливания на заданной дальности (обычно 25 *м*) или

— без превышения (с совмещением этих точек).

Поскольку этот вопрос имеет большое практическое значение, остановимся на нем более подробно применительно к отечественным пистолетам, которые пристреливаются на дальности 25 *м* с превышением траектории у мишени над линией прицеливания на 12,5 *см* и без превышения. В зависимости от этого при стрельбе по целям из различных экземпляров оружия приходится поразному выносить точку прицеливания относительно желаемой точки попадания. Это обстоятельство нельзя считать полезным для боевой (стрелковой) подготовки личного состава. Следовательно, приводить пистолеты к нормальному бою двумя указанными способами нерационально. Какому же из них следует отдать предпочтение?

На рис. 10 показаны схемы прицеливания по спортивной мишени № 4 (круг диаметром 25 *см*) при стрельбе из пистолетов, различными способами приведенных к нормальному бою. Чтобы попасть в центр круга на дальности 25 *м*, в одном случае необходимо целиться под середину нижнего края круга, а в другом — в центр круга.

Как показывает практика, более удобно целиться под круг, проектируя мушку и прорезь целика на светлом фоне мишени, и

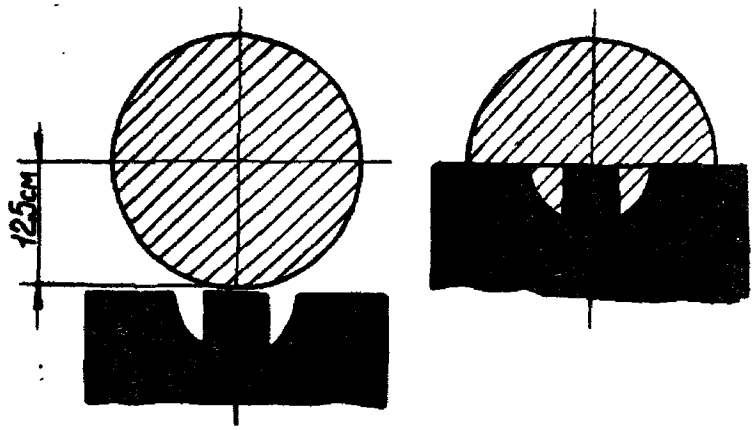

Рис. 10. Схема прицеливания в круг диаметром 25 *см* из пистолетов, приведенных к нормальному бою с превышением 12,5 *см* и без превышения.

менее удобно целиться в центр черного круга, с фоном которого сливается прорезь целика и мушка. Но это лишь единственное достоинство оружия, приведенного к нормальному бою на дальность 25 *м* с превышением контрольной точки над точкой прицеливания на 12,5 *см*, причем оно проявляется только в случаях

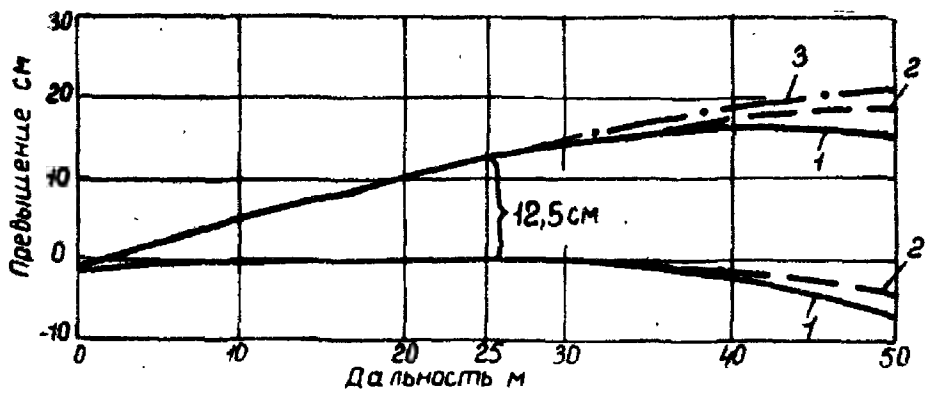

Рис. 11. Превышения траекторий над линией прицеливания при стрельбе из пистолетов, приведенных к нормальному бою на 25 *м* с превышением и без превышения:
1 – пистолет Макарова; 2—пистолет Стечкина; 3—пистолет ТТ.

чисто спортивной стрельбы. Что же касается стрельбы по условиям упражнений, предусмотренных курсом стрельб, то при их выполнении указанная особенность боя пистолетов перестает играть положительную роль, так как приходится целиться в какую-то точку, расположенную на самой мишени.

В табл. 3 приводятся превышения (понижения) траекторий относительно линии прицеливания для отечественных пистолетов, различным образом приведенных к нормальному бою. Данные этой таблицы изображены графически на рис. 11, откуда следует, что если пистолет приведен к нормальному бою с превышением контрольной точки над точкой прицеливания, то в пределах дальности 50 *м* превышение траектории достигает величины порядка 20 *см*, на которую и приходится в этом случае выносить точку прицеливания.

Таблица 3

Превышения траекторий (в *см*) над линией прицеливания

Оружие \ Дальность (*м*)	10	15	20	25	30	40	50
С превышением 12,5 *см* — на 25 *м*							
ПМ	5	7,8	10,2	12,5	13,9	16,0	16,8
АПС	5	7,8	10,2	12,5	14,0	17,0	19,0
ТТ	5,4	8,0	10,4	12,5	14,7	18,7	21,8
Без превышения — на 25 *м*							
ПМ	0	0,3	0,2	0	—0,5	—2,5	—5,7
АПС	0	0,3	0,2	0	—0,5	—2,0	—4,0
ТТ	0,4	0,5	0,3	0	—0,3	—1,3	—3,2

Если пистолет приведен к нормальному бою без превышения контрольной точки над точкой прицеливания, то отклонение (понижение) траектории относительно линии прицеливания на дальности 50 *м* не превосходит 6 *см*. Точкой прицеливания в этом случае на всех дальностях до 50 *м* может быть желаемая точка попадания. Учитывая это, следует отдать предпочтение приведению всех пистолетов к нормальному бою с совмещением средней точки попадания на дальности 25 *м* с точкой прицеливания.

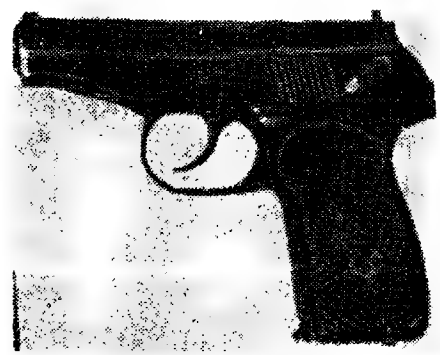

Рис. 12. 9-мм пистолет Макарова (ПМ).

Наличие в армии оружия, приведенного к нормальному бою только таким образом, позволило бы учить личный состав при выполнении упражнений из пистолета целиться туда, куда нужно попасть. А такая подготовка как раз и нужна для применения

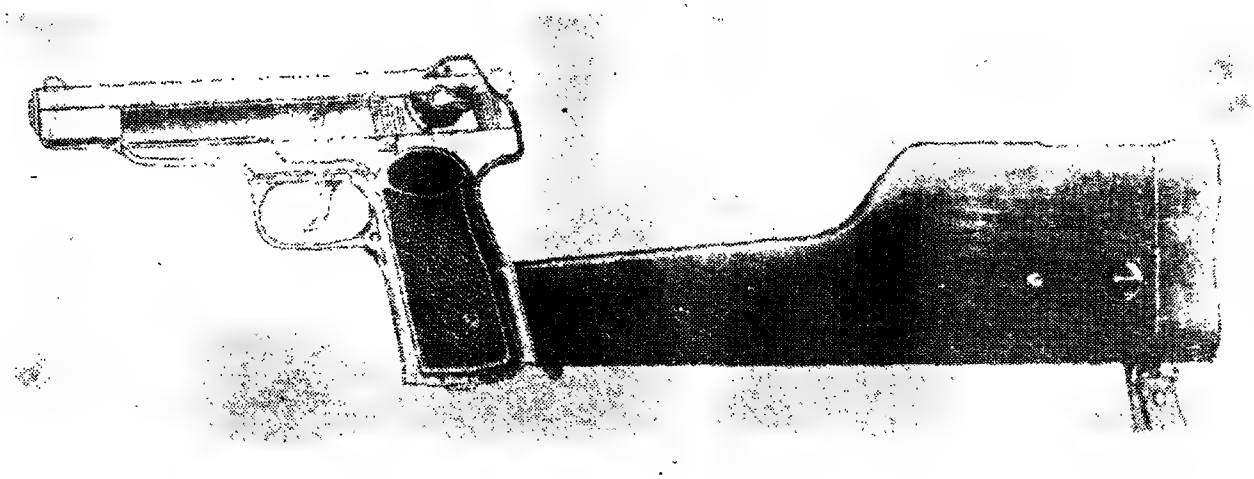

Рис. 13. 9-*мм* автоматический пистолет Стечкина (АПС).

пистолета в реальной боевой обстановке. В этом случае и спортивная стрельба в большей мере способствовала бы боевой подготовке.

На рис. 12 и 13 приводятся фотографии пистолетов Макарова и Стечкина.

Автоматы (пистолеты-пулеметы)

Пистолеты-пулеметы* и автоматы являются индивидуальным автоматическим оружием, предназначенным для поражения противника в ближнем бою на дальностях до 200—300 *м*. Основным видом огня при стрельбе из автоматов является автоматический огонь короткими очередями (3—5 выстрелов). Наряду с автоматическим огнем очередями в этом оружии часто предусматривается ведение и одиночного огня. Вследствие большой скорострельности (до 100 выстрелов в минуту) и хорошей маневренности этот вид оружия позволяет создать высокую плотность огня на поле боя, являясь мощным средством для поражения живых целей. Особую роль огонь автоматов приобретает при стрельбе по групповым живым целям.

Большая скорострельность автоматов обеспечивается сравнительно большой емкостью магазинов, наличием запасных снаряженных магазинов и большим носимым запасом патронов (до 150—300 патронов). Магазины для автоматов применяются двух типов: барабанные и коробчатые.

---

* Пистолетами-пулеметами называют автоматы, стреляющие пистолетными патронами.

Предпочтение отдается обычно коробчатым магазинам, имеющим меньший вес, лучше приспособленным к переноске, быстрому снаряжению патронами и быстрой замене при перезаряжании оружия, более простым в производстве, хотя и обладающим обычно меньшей емкостью в сравнении с барабанными магазинами.

Баллистические свойства пистолетов-пулеметов определяются свойствами пистолетных патронов и обеспечивают удовлетворительную меткость стрельбы и действительный огонь на небольших дальностях (100—200 *м*), а убойное действие пуль по открытым живым целям на дальностях до 400—800 *м*. Для автоматов,

Рис. 14. 7,62-*мм* автомат Калашникова с металлическим прикладом в боевом и походном положениях.

в отличие от пистолетов-пулеметов, применяются более мощные патроны, обеспечивающие им лучшую меткость стрельбы и большую дальность действительного огня (до 300 *м*).

Важной особенностью автоматов является высокая их маневренность, достигнутая за счет небольшого веса и габаритов. Вес современных образцов этого вида оружия находится в пределах 2,5—4,5 *кГ*, а длина — в пределах 600—900 *мм* (табл. 4). Благо-

даря этому они удобны для применения в самых различных условиях боевой и походной обстановки (в окопах, траншеях, лесу, населенных пунктах и т. д.), а также для стрельбы при различных положениях стрелка, включая ведение огня на ходу. Иногда автоматы снабжаются быстросъемным обычно клинковым штыком. Для более удобной переноски оружия на походе, особенно при передвижении в лесистой местности, и стрельбы из танков, бронетранспортеров и различных укрытий иногда образцы этого вида оружия снабжаются откидным металлическим прикладом, легко откидывающимся для стрельбы и складывающимся для похода (рис. 14).

Пистолеты-пулеметы, стреляющие маломощными пистолетными патронами, обычно имеют автоматику, основанную на принципе отдачи свободного затвора. Сравнительно большая мощность патронов, применяемых для стрельбы из автоматов, не позволяет использовать для них такую простую автоматику. В автоматах обычно применяется принцип отвода пороховых газов в газовую камору через отверстие в стенке ствола.

Пистолеты-пулеметы и автоматы являются наиболее массовым видом оружия современных армий. Поэтому при их разработке проявляется максимум заботы о простоте конструкции, простоте обслуживания и технологичности конструкции, предусматривающей широкое применение высокопроизводительных методов технологии — штамповки и сварки.

Таблица 4

Осиовиые даиые автоматов

Наименование оружия	Калибр (*мм*)	Вес (*кГ*)	Длина (*мм*)	Емкость магазина (патр.)	Скорострельность (*в/мин*)	Вес пули (*Г*)	Нач. скорость пули (*м/сек*)
ППШ обр. 1941 г. (СССР)	7,62	3,94	840	35 (71)	100	5,5	500
ППС обр. 1943 г. (СССР)	7,62	3,26	820 (618)	35	100	5,5	500
АК (СССР)	7,62	4,3	870 (645)	30	90	7,9	710
АКМ (СССР)	7,62	3,4	—	30	90	7,9	710
М3 (США)	11,43	3,62	756	30	80	13,8	280
М2 (США)	7,62	2,99	907	30	80	7,13	610
СТЭН МкV (Англия)	9,0	3,18	762	32	80	8,0	385
МкIII (Англия)	9,0	2,72	712	34	100	8,0	390
МАТ 1949 г. (Франция)	9,0	3,5	660	32	80	8,0	—
МР-43 (ФРГ)	7,92	5,35	935	30	80	8,1	694
МР-40 (ФРГ)	9,0	4,0	—	32	80	8,0	340

Автоматические винтовки и карабины

Винтовки и карабины являются индивидуальным оружием, предназначенным для поражения живых целей противника на дальностях до 400 *м*. Отличные стрелки обеспечивают действительный огонь из этого вида оружия на дальностях до 600 *м*, а при групповой или залповой стрельбе — до 800 *м*.

Современные винтовки и карабины* являются самозарядным автоматическим оружием, предназначенным для ведения одиночного огня. Неоднократные попытки приспособления винтовок и карабинов для ведения огня очередями не увенчались успехом из-за большого рассеивания пуль, быстрого нагрева ствола и низкой живучести оружия.

Самозарядное оружие этого вида превосходит по своим качествам как самострельное, так и неавтоматическое оружие (магазинные винтовки). Самозарядные винтовки и карабины по сравнению с неавтоматическими магазинными винтовками обеспечивают более высокую боевую скорострельность (25—35 выстрелов в минуту) при меньшей утомляемости стрелка и лучших условиях наблюдения за полем боя.

Для повышения скорострельности самозарядные винтовки и карабины снабжаются коробчатыми магазинами сравнительно большой емкости (8—15 патронов), но небольших размеров вследствие двухрядного расположения патронов. Для более быстрого заряжания и снаряжения магазина патронами предусматривается использование специальных обойм, а иногда и быстро заменяемых запасных магазинов.

С этой же целью самозарядные винтовки и карабины снабжаются остановами затвора, позволяющими остановить затвор в заднем положении по израсходовании патронов в магазине, своевременно обнаружить момент израсходования патронов, предотвратить напрасный спуск курка с боевого взвода и ускорить процесс перезаряжания оружия.

Существующие винтовки и карабины (табл. 5) имеют калибр в пределах 6,5—8 *мм*, вес пули 8—12 *Г* и начальную скорость пули 700—900 *м/сек*.

При этом достигается настильность траектории, характеризуемая дальностью прямого выстрела по грудной мишени порядка 350—400 *м*.

Кучность боя при стрельбе из винтовок и карабинов характеризуется срединными отклонениями по высоте (*Вв*) и боковому направлению (*Вб*) 0,3—0,5 тысячной дальности. Такая высокая кучность обеспечивается хорошей прикладистостью оружия, точностью прицельных приспособлений, устройством спускового механизма и другими конструктивными характеристиками оружия.

---

* Карабины отличаются от винтовок тем, что имеют более короткий ствол, что улучшает их маневренность и несколько снижает баллистические качества (меньше начальная скорость пули).

Таблица 5

Основные данные винтовок и карабинов

Наименование оружия	Калибр (*мм*)	Вес (*кГ*)	Длина (*мм*)	Емк. маг. (патр.)	Скорострельность (*в/мин*)	Вес пули (*Г*)	Нач. скорость пули (*м/сек*)
СВТ (СССР)	7,62	3,9	1226	10	30	9,6	840
СКС (СССР)	7,62	3,8	1020	10	35	7,9	735
Гаранда М1 (США)	7,62	4,6	1110	8	25	9,8	850
М-14 (США)	7,62	3,9	1051	20	40	9,8	850
Карабин М1А1 (США)	7,62	2,45	640		30	7,13	610
FN-30 (Англия)	7,62	4,18	1054		35	10,7	870
MAS 49 г. (Франция)	7,5	3,9	1070		25	9	830

Спусковые механизмы, как правило, делаются куркового типа, что позволяет иметь все подвижные части в переднем положении перед выстрелом и исключить этим неблагоприятное влияние движения и ударов частей автоматики на точность прицеливания и выстрела.

Снайперские винтовки снабжаются оптическими прицелами, обеспечивающими более точное прицеливание в большем диапазоне дальностей.

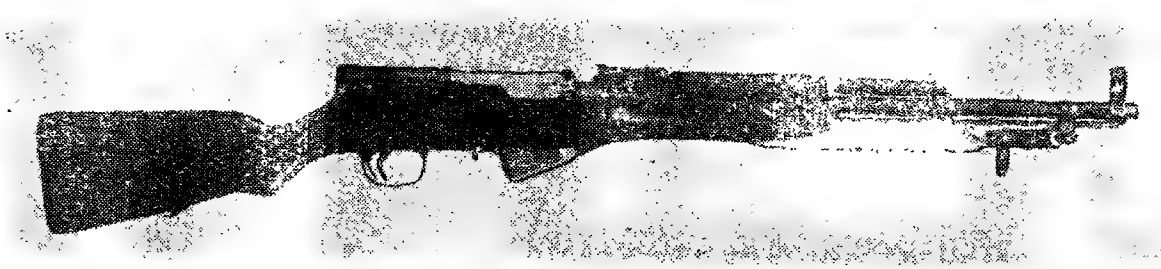

Рис. 15. 7,62-*мм* самозарядный карабин Симонова (СКС).

При разработке винтовок и карабинов большое внимание уделяется их маневренным качествам. Их вес в большинстве случаев не превышает 3,5—4,5 *кГ*, а длина без штыка 1,0—1,3 *м*. Средний вес носимого боекомплекта патронов составляет 3,5—4 *кГ*, а количество носимых стрелком патронов доходит до 120—180 штук.

Винтовки и карабины обычно снабжаются штыком, чаще всего съемным, клинкового типа, легко присоединяемым к оружию в нужные моменты боя.

На рис. 15 показан самозарядный карабин Симонова (СКС) со штыком в походном положении.

Ручные пулеметы

Ручные пулеметы являются коллективным автоматическим оружием, предназначенным для поражения групповых и важных одиночных живых целей противника на дальностях до 800 *м*.

В отличие от автоматических винтовок ручные пулеметы имеют в качестве передней опоры сошку и значительно большую емкость магазинов (коробок). Это позволяет обеспечить хорошую меткость стрельбы из ручных пулеметов и высокую практическую скорострельность при достаточной маневренности оружия.

Благодаря этим качествам ручные пулеметы занимают важное место в вооружении мелких тактических подразделений (стрелковых или пехотных отделений). Емкость магазинов современных ручных пулеметов находится в пределах от 20 до 75 патронов. В некоторых образцах в целях увеличения емкости питания и повышения скорострельности применяется ленточное питание.

Практическая скорострельность большинства ручных пулеметов при стрельбе короткими очередями (3—5 выстрелов) составляет 60—150 выстрелов в минуту (табл. 6) при темпе стрельбы порядка 500—600 выстрелов в минуту. Для обеспечения высоких режимов огня ручные пулеметы снабжаются более массивными стволами по сравнению с винтовочными. Кроме того, часто предусматривается удобная и быстрая замена нагретого ствола запасным стволом.

Кучность боя ручных пулеметов при стрельбе очередями характеризуется срединными отклонениями *Вв* и *Вб* порядка 0,6—0,8 тысячной дальности.

Для удобства стрельбы и улучшения устойчивости оружия при стрельбе ручные пулеметы обычно снабжаются рукоятками пистолетного типа, позволяющими крепче прижать оружие к плечу и опереть его сошками. Сошки иногда делаются с телескопическими ножками, позволяющими изменять высоту линий огня и лучше приспосабливаться к местности.

Маневренные качества этого вида оружия характеризуются небольшим весом (7—10 *кГ*) и небольшой длиной (1000—1300 *мм*), что позволяет применять его в самых различных условиях, при различных положениях стрелка, включая стрельбу на ходу и по зенитным целям. Во всех случаях предусматривается возможность обслуживания ручного пулемета в бою одним номером расчета.

Большинство ручных пулеметов имеет автоматику с отводом пороховых газов, обеспечивающую простоту конструкции и надежное действие. Подвижная система автоматики перед выстрелом, как правило, находится в заднем положении, чем обеспечивается безопасность от самовоспламенения патрона в патроннике при интенсивной стрельбе (сильном нагреве ствола) и лучшее охлаждение ствола в перерывах между очередями (стрельбами). На рис. 16 показан ручной пулемет Дегтярева (РПД).

Таблица 6

Основные данные ручных пулеметов

Наименование оружия	Калибр (*мм*)	Вес (*кГ*)	Длина (*мм*)	Емк. питания (*патр.*)	Скорострельность (*в/мин*)	Вес пули (*Г*)	Нач. скорость пули (*м/сек*)
ДПМ (СССР)	7,62	10,8	1272	47	80	9,6	840
РПД (СССР)	7,62	7,4	1037	100*	150	7,9	735
РПК (СССР)	7,62	5,58/4,85	—	75/40	150	7,9	735
РП-46 (СССР)	7,62	13	1272	200*	250	9,6	840
Браунинг (США) (M1918A2)	7,62	8,6	1215	20	60	9,8	850
Браунинг (США) (M1919A6)	7,62	14,8	1345	250*	250	9,8	850
Брэн MkII (Англия)	7,71	10,1	1156	30	70	11,2	750
Шательро (Франция)	7,5	8,9	1070	24	70	9,0	820
Обр. 1952 г. (Франция)	7,5	9,55	—	—	—	9,0	820
МГ-42 (ФРГ)	7,92	11,5	1220	250*	250	10	745

Рис. 16. 7,62-*мм* ручной пулемет Дегтярева (РПД).

Применение для ручных пулеметов ленточного питания и быстросменных массивных стволов привело к развитию так называемых ротных пулеметов (рис. 17), принимаемых на вооружение стрелковых (пехотных) рот.

* с ленточным питанием.

Благодаря большой емкости питания (лент) ротные пулеметы обладают скорострельностью станковых пулеметов (до 250 выстрелов в минуту) при значительно лучших маневренных качествах в сравнении со станковыми пулеметами.

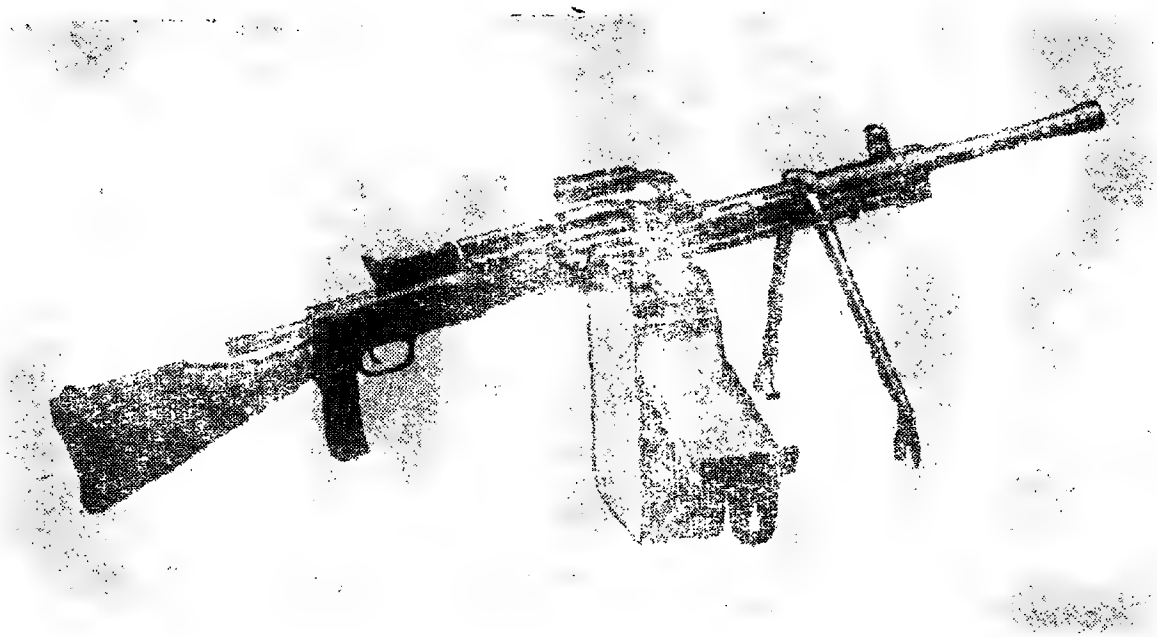

Рис. 17. 7,62-*мм* ротный пулемет (РП-46).

Станковые пулеметы

Станковые пулеметы являются мощным коллективным автоматическим оружием, предназначенным для поражения наземных живых целей и огневых средств противника на дальностях до 1000 *м*. Иногда предусматривается возможность ведения огня из станковых пулеметов по зенитным целям.

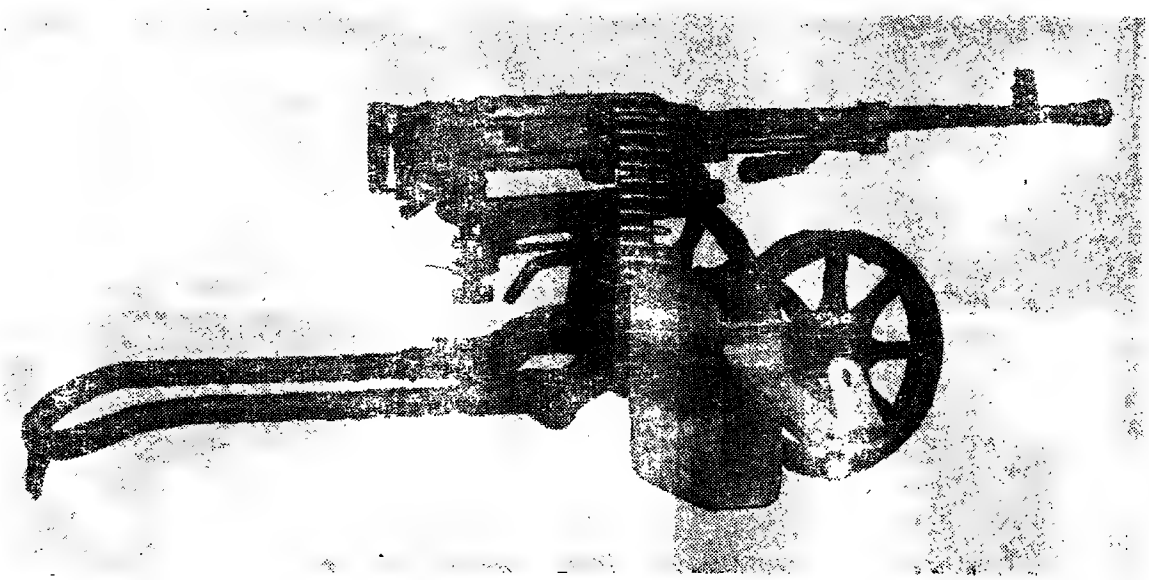

Рис. 18. 7,62-*мм* модернизированный станковый пулемет Горюнова (СГМ) на колесном станке.

В отличие от видов оружия, указанных ранее, станковые пулеметы устанавливаются на специальные колесные (рис. 18) или треножные (рис. 19) станки, обеспечивающие хорошую устойчивость оружия при стрельбе и высокую меткость стрельбы. Рассеивание пуль при стрельбе из станковых пулеметов в 1,5—2 раза меньше в сравнении с ручными пулеметами. Срединные отклонения, характеризующие кучность боя этого вида оружия, составляют 0,4—0,6 тысячной дальности.

Наиболее широкое применение для станковых пулеметов получили треножные станки. В отличие от колесных они имеют

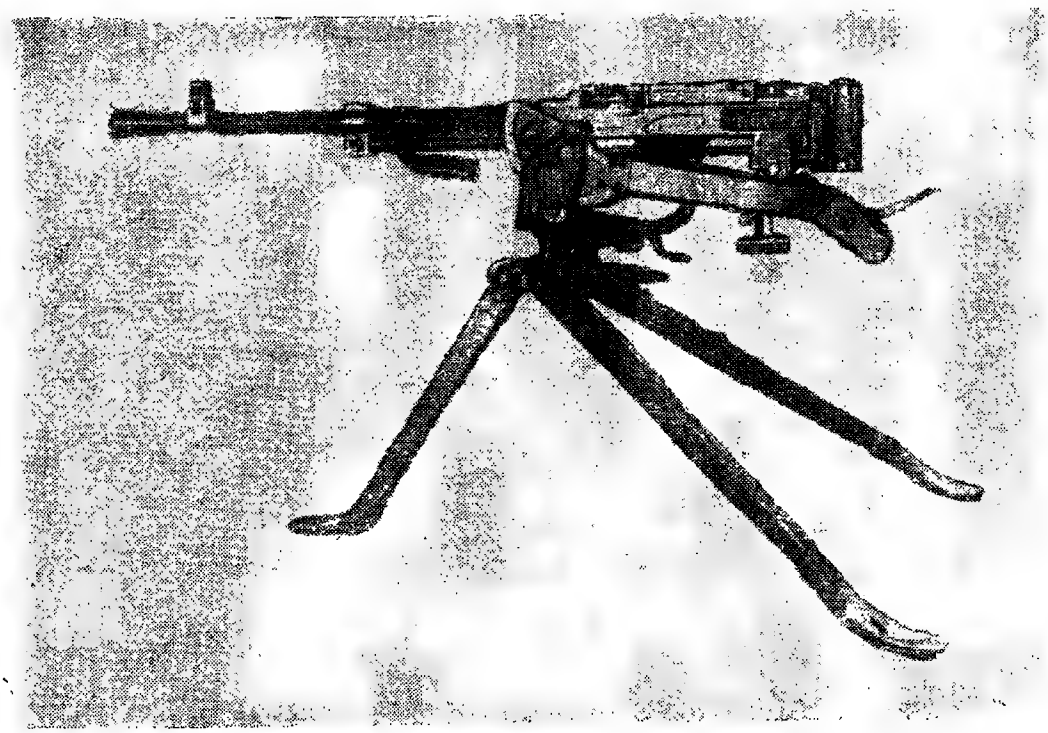

Рис. 19. 7,62-*мм* модернизированный станковый пулемет Горюнова (СГМ) на треножном станке Сндоренко-Малиновского.

меньший вес, переменную высоту линии огня, лучше приспосабливаются к местности и ведению огня по зенитным целям (рис. 20).

Для наведения оружия в горизонтальном и вертикальном направлениях пулеметные станки снабжаются соответствующими механизмами. Механизмы горизонтального наведения обычно предусматривают только свободную наводку, выполняемую поворотом пулемета в горизонтальной плоскости с последующим закреплением вращающейся части. Механизмы вертикального наведения обычно обеспечивают сочетание свободной наводки с тонкой (точной) наводкой. Механизмы свободной наводки обеспечивают быстроту наведения оружия.

Станковые пулеметы являются самострельным автоматическим оружием, ведущим огонь как короткими (5—10 выстрелов), так и длинными (15—20 выстрелов) очередями в течение дли-

тельного времени. Питание патронами, как правило, ленточное с большой емкостью (до 250 патронов) металлической или матерчатой ленты, укладываемой в металлическую коробку. Большая емкость питания обеспечивает высокую практическую скорострельность станковых пулеметов, составляющую 250—300 *выстр/мин* (табл. 7).

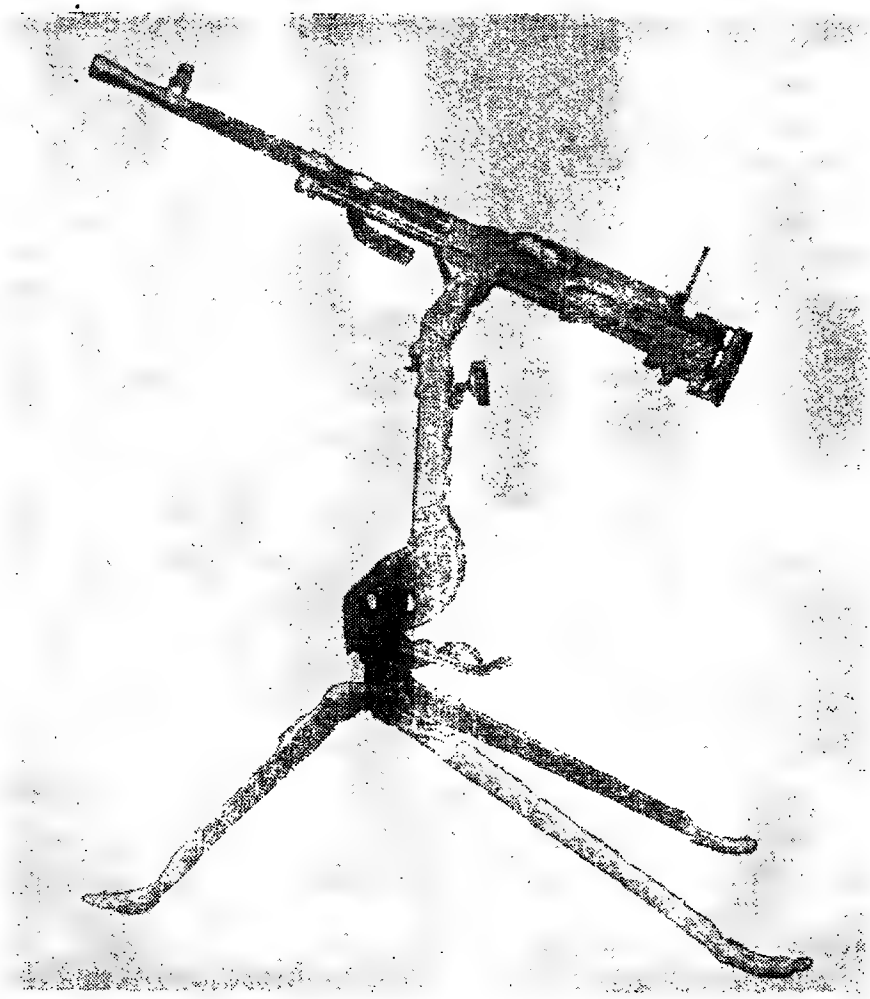

Рис. 20. 7,62-*мм* модернизированный станковый пулемет Горюнова (СГМ) на треножном станке Сидоренко-Малиновского в зенитном положении.

Благодаря высокой меткости стрельбы и большой практической скорострельности станковые пулеметы являются наиболее мощным автоматическим оружием обычного калибра.

Ведение интенсивного огня из станковых пулеметов вынуждает принимать необходимые меры к охлаждению стволов. Наиболее интенсивное охлаждение стволов — водяное, применявшееся в прошлом, делает оружие тяжелым, неудобным в эксплуатации и уязвимым в бою. Поэтому в современных станковых пулеметах применяется воздушное охлаждение стволов, выполняемых более массивными, чем у ручных пулеметов. Для увеличения интенсивности воздушного охлаждения поверхность стволов делается обычно ребристой и предусматривается удобная и быстрая замена разогретых стволов запасными стволами.

Таблица 7

Основные данные станковых пулеметов

Наименование оружия	Калибр (*мм*)	Вес без станка (*кГ*)	Вес со станком (*кГ*)	Длина (*мм*)	Тип станка	Вес пули (*Г*)	Нач. скор. пули (*м/сек*)
Максим обр. 1910 г. (СССР)	7,62	20,2	63,6	1107	Колесн.	11,8	800
СГМ (СССР)	7,62	13,8	35	1130	Колесн.	11,8	800
СГМ (СССР)	7,62	13,8	28	--	Трен.	11,8	800
Браунинг М1917А1 (США)	7,62	18,7	42,7	965	Трен.	9,8	850
Браунинг М1919А4 (США)	7,62	14,3	21,8	1040	Трен.	9,8	850
Виккерс обр. 1909 г. (Англия)	7,71	15,1	32,4	1090	Трен.	11,2	745
Гочкисс обр. 1917 г. (Франция)	8,0	24,2	48,2	1240	Трен.	12,8	700
МГ-42 (ФРГ)	7,92	11,5	20	1220	Трен.	10	745

Примечание. Все перечисленные в таблице пулеметы имеют емкость патрониой ленты 250 патронов, темп стрельбы 500—600 *выстр/мин* и обладают практической скорострельностью 250—300 *выстр/мин.*

По своим маневренным свойствам станковые пулеметы, снабженные сравнительно тяжелыми (15—30 *кГ*) станками и массивными стволами, естественно, уступают ручным пулеметам. Уменьшение веса этого вида оружия обычно достигается за счет облегчения станков. Для сохранения необходимой устойчивости оружия в этих случаях в устройстве станков предусматривается амортизация оружия.

Баллистические свойства станковых пулеметов аналогичны винтовкам и ручным пулеметам, поскольку для стрельбы из них применяются одни и те же патроны при аналогичной длине стволов. Применявшиеся ранее для стрельбы из станковых пулеметов патроны с так называемыми тяжелыми пулями в последнее время не находят применения.

Станковые пулеметы, устанавливаемые на специальных установках, нашли широкое применение в специальных родах войск. Они устанавливаются в танках, на бронетранспортерах, в долговременных оборонительных сооружениях и т. п.

Крупнокалиберные пулеметы

Крупнокалиберные пулеметы являются мощным автоматическим оружием, предназначенным для борьбы с наземными легкобронированными целями, огневыми точками противника, а также

с низколетящими воздушными целями. В соответствии с их основным назначением они используются в стрелковых (пехотных) подразделениях на специальных станках или зенитных установках. Крупнокалиберные пулеметы нашли широкое применение для вооружения танков, самолетов и судов военно-морского и речного флотов.

Для стрельбы по наземным целям крупнокалиберные пулеметы, аналогично станковым пулеметам, устанавливаются на станки треножного или колесного типа и называются в этом случае пехотными крупнокалиберными пулеметами (рис. 21).

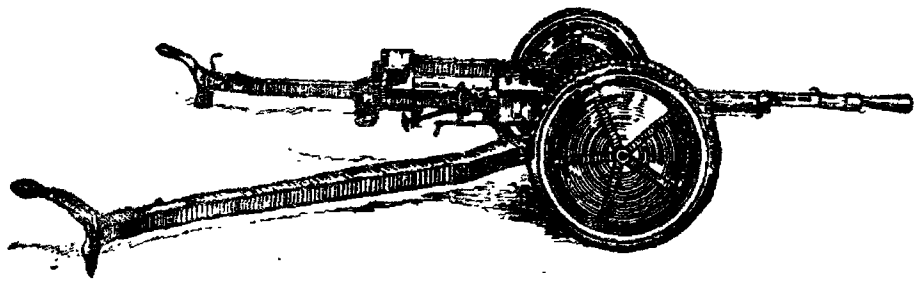

Рис. 21. 14,5-*мм* пехотный крупнокалиберный пулемет Владимирова (ПКП).

Обладая большим калибром (12—15 *мм*) и большой начальной скоростью пули (800—1 000 *м/сек*), крупнокалиберные пулеметы отличаются от станковых пулеметов обычного калибра более высокой действительностью стрельбы на дальностях до 1 500—2 000 *м* (табл. 8).

Таблица 8

Основные данные крупнокалиберных пулеметов и зенитных установок

Наименование оружия	Калибр (*мм*)	Вес пулемета (*кГ*)	Вес установки (*кГ*)	Длина пулем. (*мм*)	Тип станка	Вес пули (*Г*)	Нач. скорость пули (*м/сек*)
ДШК (СССР)	12,7	34	122	1625	Колесн.	19,5	850
ПКП (СССР)	14,5	47,5	114	2000	Колесн.	63,6	990
ЗУ-2 (СССР)	14,5	47,5	481	2000	Колесн.	63,6	990
ЗПУ-4 (СССР)	14,5	47,5	1770	2000	Колесн	63,6	990
Браунинг М2НВ (США)	12,7	36,7	20,3	1650	Трен.	48	895
ЗПУ-4 М17 (США)	12,7	36,7	960	1650	Трен.	48	895
Виккерс (Англия)	12,7	42	60	1575	Трен.	37	915
Гочкисс (Франция)	12,7	39,7	195	1660	Колесн.	49	800

Для повышения эффективности зенитного огня на зенитные пулеметные установки крупнокалиберные пулеметы ставятся обычно по несколько штук (2—4). Такие установки называются

комплексными — спаренными, строенными или счетверенными (рис. 22). Обеспечивая высокую плотность огня и действительность стрельбы, комплексные зенитные пулеметные установки обладают более низкими маневренными свойствами в сравнении с

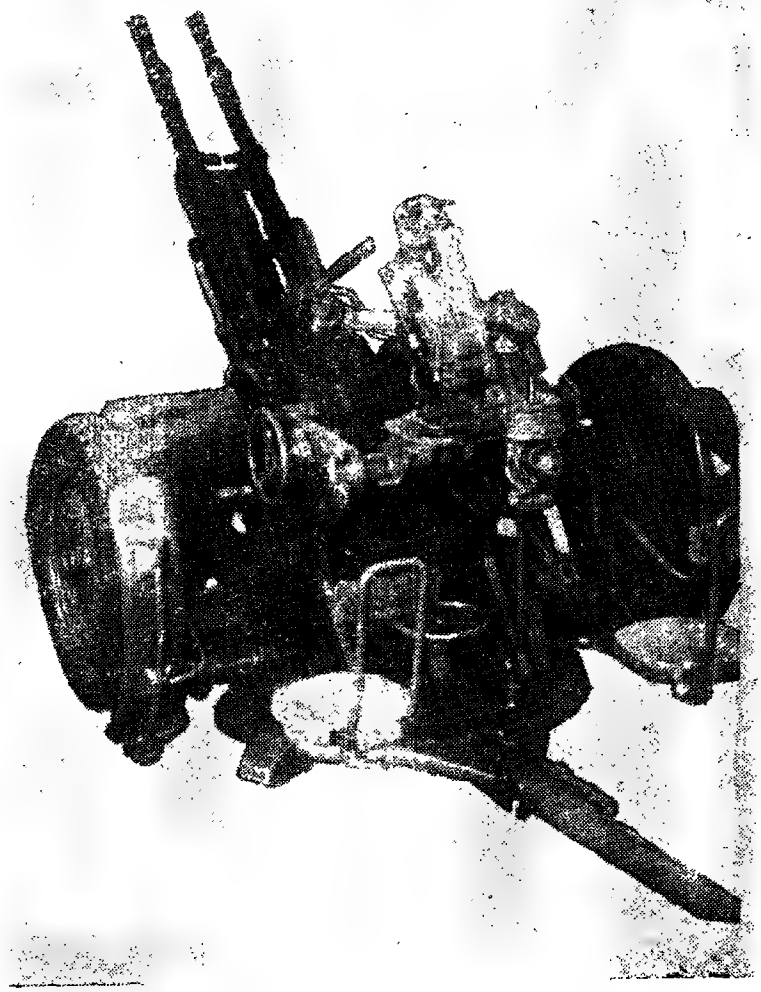

Рис. 22. 14,5-*мм* спаренная зенитная пулеметная установка (ЗУ-2).

однопулеметными установками. Зенитные установки снабжаются обычно специальными зенитными прицелами, позволяющими автоматически решать задачу встречи пули с целью.

Скорострельность крупнокалиберных пулеметов и зенитных установок находится в зависимости от емкости питания, числа пулеметов на установке и колеблется в больших пределах — от 80 выстрелов в минуту (ПКП) до 600 (ЗПУ-4).

Питание осуществляется, как правило, из металлической ленты, укладываемой в металлическую коробку, закрепленную на установке.

Чтобы обеспечить высокие режимы огня, у крупнокалиберных пулеметов обычно предусматриваются запасные быстросменяемые стволы.

Автоматика крупнокалиберных пулеметов строится как на отводе пороховых газов через стенку ствола, так и на отдаче ствола. Предпочтение отдается системам с отдачей ствола, обеспечивающим меньшее действие отдачи оружия на станок (установку) и лучшую устойчивость оружия при стрельбе. С этой же целью в местах соединения оружия со станком (установкой) обычно предусматривается амортизация оружия.

Благодаря этим и другим мерам удается обеспечить сравнительно небольшое рассеивание пуль, характеризуемое срединными отклонениями порядка 0,5—0,9 тысячной дальности для пехотных пулеметов и 1,0—1,8 тысячной для зенитно-пулеметных установок.

В отличие от пулеметных станков зенитные установки отличаются большим разнообразием устройства узлов и механизмов. При их разработке, кроме других свойств, большое внимание уделяется легкости, удобству и большим скоростям наведения и большим пределам углов наведения. Углы наведения достигают 90 градусов по вертикали и 360 градусов в горизонтальной плоскости при скоростях наведения 50—55 градусов в секунду ручным приводом и 90—100 градусов в секунду силовым приводом.

Вследствие большого веса качающейся части и системы в целом, а также больших усилий возвратно-боевых пружин оружия в зенитных установках приходится иметь уравновешивающие механизмы для улучшения условий перевода системы из походного положения в боевое и обратно, осуществления вертикальной наводки, а также специальные механизмы перезаряжания и спусковые механизмы.

ГЛАВА II

ВЫБОР БАЛЛИСТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

§ 4. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРУЖИЯ

Необходимость иметь на вооружении армии новый образец оружия вытекает из условий ведения современного боя, из потребностей решать определенный круг задач в различных видах и стадиях боя с учетом возможностей других образцов и видов оружия.

В результате анализа условий ведения современного боя, анализа системы вооружения армии вообще и системы стрелкового вооружения в частности устанавливается действительная необходимость в новом образце оружия с новым патроном и разрабатывается комплекс предъявляемых к нему требований (тактико-технические требования или сокращенно ТТТ). При этом учитывается опыт применения подобных образцов в других армиях, опыт применения «смежных» видов оружия, а также производственно-экономические условия (запасы патронов и оружия, если новое оружие с его патроном идет на смену старому оружию, налаженное производство, удобство снабжения войск и т. п.).

Разработка и принятие на вооружение нового патрона является наиболее сложной и ответственной задачей, поэтому она решается со всей тщательностью. Дело в том, что возможности последующих изменений принятого на вооружение патрона с целью его усовершенствования крайне ограничены. Если образцы оружия беспрепятственно могут совершенствоваться, модернизироваться, иногда заменяться образцами новой конструкции, то с патроном так поступать обычно невозможно. Изменение формы и размеров патрона лишает возможности использовать его для стрельбы из ранее изготовленных образцов оружия, чем существенно усложняется снабжение войск боеприпасами и оружием. По этим же причинам не менее сложно отказаться от состоящего на вооружении патрона. В силу сказанного патрон оказывается наиболее устойчивым и «консервативным» элементом стрелкового оружия. Он обычно состоит на вооружении длительное время, в

течение которого образцы оружия десятки раз сменяют друг друга. Недостатки патрона, допущенные при его проектировании, длительное время оказывают неблагоприятное влияние на свойства оружия. Этим и объясняется необходимость наиболее полного учета всех обстоятельств, связанных с принятием нового патрона.

Тактико-технические требования на проектирование нового патрона являются составной частью общих ТТТ, предъявляемых к образцам оружия, проектируемым под новый патрон.

Основное требование к патрону — обеспечение необходимого действия пули на заданных дальностях. Все остальные требования являются конкретизацией этого основного требования или условиями его выполнения.

Требуемое действие пули по цели (убойное, пробивное и т. п.) может быть осуществлено при различном сочетании калибра, веса пули и ее скорости у цели. Поэтому при конкретизации ТТТ или при проектировании патрона без подробных (детальных) ТТТ приходится задаваться различными калибрами и весами пуль. При этом получаются различные скорости пули у цели. Пользуясь методами внешней баллистики, можно получить начальные скорости и величины дульной энергии, которые позволят составить представление о весовых характеристиках отдельных вариантов оружия.

Важной задачей является выбор надлежащего калибра оружия. В ряде случаев можно с достаточной точностью определить тот калибр, с которым следует продолжать решение задач, руководствуясь требованием о весе оружия.

При выборе калибра приходится учитывать не только весовые характеристики оружия, но и возможности практического осуществления полученных расчетом начальных скоростей пули или снаряда. Такая задача возникает при проектировании противотанкового и зенитного оружия, когда требуются большие начальные скорости снаряда. Приходится также учитывать настильность траектории, зависящую от калибра, и оценивать целесообразность принятия нового калибра, если имеется близкий существующий калибр.

Значительно сложнее решается задача о выборе калибра винтовки (карабина), автомата и ручного пулемета. Незначительное изменение их калибра, которое не приводит к заметному изменению весовых характеристик и отдачи оружия, сопровождается существенным изменением настильности траектории, имеющей большое значение для этих видов оружия. В этих случаях приходится проводить тщательный анализ настильности траектории при различных сочетаниях калибра, веса пули и ее начальной скорости.

Весовые характеристики оружия, энергия отдачи, соотношение максимального давления пороховых газов и длины ствола несколько меняются в пределах одного калибра в зависимости от веса пули. Исследовать эту зависимость и установить наиболее

рациональный вес пули удается сравнительно простыми приближенными способами, изложенными в § 7 этой главы.

Имея калибр, вес и начальную скорость пули, максимальное давление пороховых газов и длину ствола, можно приступить к выбору наиболее рациональных условий заряжания, пользуясь методами внутренней баллистики.

Основная цель при решении этой задачи — определить такую плотность заряжания, при которой вес заряда и объем каморы близки к минимальным значениям. Этим выполняется требование иметь наименьшими размеры и вес патрона.

Таким образом, выбор баллистического решения включает в себя:

—внешнебаллистическое решение задачи, т. е. выбор калибра d, веса пули q, коэффициента формы ее i и начальной скорости v_0;

—выбор конструктивных параметров канала ствола, т. е. объема каморы заряжания W_0, пути пули в канале ствола $l_д$, длины каморы $l_{км}$ и длины канала ствола $L_{кн}$;

—выбор максимального давления пороховых газов в канале P_{max};

—подбор рациональных условий заряжания, то есть относительного веса заряда $\frac{\omega}{q}$, плотности заряжания $\Delta = \frac{\omega}{W_0}$ и марки пороха, характеризуемой импульсом

$$I_к = \frac{e_1}{u_1},$$

где e_1—половина толщины горящего свода порохового зерна,

u_1—скорость горения пороха при нормальном давлении.

Решение задачи внешней баллистики производится на основе рассмотрения действия пуль по целям.

§ 5. ДЕЙСТВИЕ ПУЛЬ ПО ЦЕЛЯМ

При выборе баллистического решения прежде всего приходится обеспечивать необходимое ударное (пробивное и убойное) действие пули. Обеспечение других видов действия пули (трассирующее, зажигательное и т. д.) является предметом проектирования ее на основании выбранного баллистического решения, подчиненного ударному действию пули.

При проектировании оружия представляют практический интерес аналитические методы оценки действия пуль по целям. Для оценки пробивного и бронепробивного действия пуль и снарядов такие методы разработаны и давно практически применяются. Убойное действие пуль долгое время не поддавалось аналитической оценке. Неоднократные попытки разработать метод расчета убойного действия пуль не давали положительных

результатов. Однако эту задачу также можно решить с достаточным приближением к действительности, если принять во внимание следующие соображения.

Механическое действие пули по живым организмам связано с затратами механической энергии. Для механического разрушения тканей организма в какой-то области требуется вполне определенная механическая энергия. Носителем этой энергии является пуля. Проходя через ткани, пуля теряет какое-то количество кинетической энергии вследствие сопротивления тканей движению пули. Потерянная кинетическая энергия пули переходит в работу разрушительных сил и определяет собой действие пули на живой

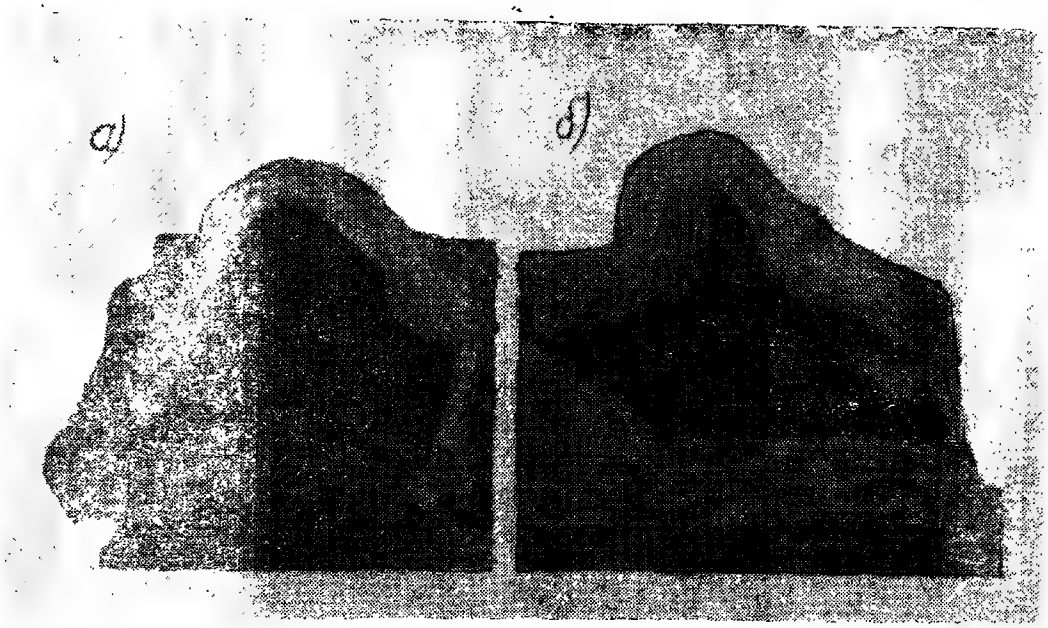

Рис. 23. Пулевые каналы в вязкой глине, полученные при стрельбе винтовочной пулей: а—при скорости 840 *м сек*; б—при скорости 560 *м/сек*.

организм. Чем больше потери кинетической энергии пули при равных прочих условиях (свойства тканей и протяженность их в направлении движения пули), тем шире область поражения тканей (боковое действие) и быстрее пораженный орган или весь организм в целом потеряет способность функционирования (останавливающее действие). Следовательно, определенной затрате или потере кинетической энергии пули соответствует определенная область и степень поражения живого организма, а также время его последующего функционирования. Поэтому величина потерь кинетической энергии пули в живых тканях и должна быть принята за характеристику убойного действия пули. Как механическая характеристика она просто определяется аналитическим путем.

Зависимость производимого пулей эффекта от потерь ее кинетической энергии можно проиллюстрировать опытами стрельбы по вязкой глине (рис. 23).

Сама идея принятия величины потерь кинетической энергии пули за характеристику ее убойного действия не является новой, однако она не доводилась до аналитического определения.

Известны также предложения принимать за характеристику убойного действия пули потери ее кинетической энергии, отнесенные ко времени действия пули (мощность поражения), и изменение количества движения пули (импульс поражения). Однако эти характеристики связаны с величиной потерь кинетической энергии, что видно из сопоставления выражений для них:

$$\Delta E = \frac{m}{2}(v_c^2 - v_s^2) = m(v_c - v_s)\frac{v_c + v_s}{2} = m(v_c - v_s)v_{ср};$$

$$M = \frac{\Delta E}{t_s} = \frac{v_{ср}}{s}\Delta E;$$

$$I = m(v_c - v_s) = \frac{1}{v_{ср}}\Delta E,$$

где v_c — скорость пули при встрече с преградой;

v_s — скорость пули непосредственно за преградой;

$v_{ср}$ — средняя скорость пули в преграде толщиной s;

t_s — время движения пули в преграде.

При постоянной протяженности преграды (цели) s мы имеем лишь количественное расхождение между этими характеристиками, одинаково позволяющими сравнивать убойное действие пули. В качестве характеристики убойного действия пули в дальнейшем принимается потеря ее кинетической энергии.

С потерями кинетической энергии пули связано также пробивное действие пули или глубина ее проникновения в различные преграды. Чем больше пуля теряет кинетической энергии в предыдущих слоях преграды, тем меньше она проникает в последующие слои.

Зависимость от потерь кинетической энергии пули как убойного, так и пробивного действия ее служит основанием для общего метода расчета обоих указанных видов действия.

Экспериментальным материалом для такого метода могут быть опытные данные о потерях кинетической энергии пули при пробитии различных преград определенной толщины и о глубинах проникновения пули в различные преграды.

Для исследования действия пуль может быть принята толщина преграды $s = 0{,}1$ *м*. При пробитии такой преграды происходит падение скорости пули, достаточное для опытного его определения с необходимой точностью, и не столь большое для осреднения скорости. При пробитии многих преград такой толщины не происходит заметного изменения направления оси пули, вызванного нарушением устойчивости ее. Кроме того, такая протяженность пробиваемой преграды соизмерима с размерами реальных живых целей.

При исследовании пробивного действия в качестве материалов опытных мишеней может быть взят реальный материал (де-

рево, грунт, песок и т. п.). При исследовании убойного действия этот материал должен соответствовать свойствам мышечных тканей — непременно обладать однородностью, иметь такую же плотность, прочность и вязкость. Применявшиеся в ряде опытов в прошлом свинец, глина, мыло и некоторые другие вещества не являются подходящим материалом для указанных целей.

Расчет потерь энергии пули в преградах

Выражение для сопротивления простреливаемой среды движению в ней пули может быть принято в форме

$$R = \lambda \frac{\pi d^2}{4} (a + bv^n),$$

где R — сопротивление простреливаемой среды;
d — калибр;
v — скорость пули в простреливаемой среде;
λ — коэффициент, учитывающий влияние формы пули (в дальнейшем называется коэффициентом формы);
a, b — коэффициенты, характеризующие свойства среды (a — учитывает прочность среды и влияет на сопротивление независимо от скорости; b — учитывает плотность и вязкость простреливаемой среды, оказывающих влияние на сопротивление в зависимости от скорости).

При толщине пробиваемого слоя $s=0{,}1$ *м* для опытного определения величин a, b, n сопротивление среды R и скорость пули v с достаточным приближением можно принять средними значениями. Тогда, принимая величину потерянной энергии равной работе сил сопротивления среды, получаем

$$\Delta E = \lambda \frac{\pi d^2}{4} (a + bv_{ср}^n)s.$$

Для всех преград, за исключением жидкостей и газов, $a>0$, и предыдущую формулу можно переписать в таком виде:

$$\Delta E = \lambda A d^2 (1 + Bv_{ср}^n)s, \qquad (1)$$

где $$A = \frac{\pi}{4} a; \quad B = \frac{b}{a}.$$

Для определения коэффициентов A и B и показателя степени n необходимо иметь три опытные точки зависимости

$$\Delta E = f(v_{ср}).$$

Эту зависимость можно получить, замеряя скорости пули перед преградой (v_c) и непосредственно за пробиваемой преградой (v_s). Средняя скорость

$$v_{ср} = \frac{v_c + v_s}{2} \tag{2}$$

и потерянная кинетическая энергия

$$\Delta E = \frac{q}{2g}(v_c^2 - v_s^2). \tag{3}$$

Задавшись величиной n, из системы двух уравнений (1), соответствующих двум опытным точкам, можно определить A и B:

$$B = \frac{\Delta E_2 - \Delta E_1}{\Delta E_1 v_{ср2}^n - \Delta E_2 v_{ср1}^n};$$

$$A = \frac{\Delta E_{1(2)}}{\lambda d^2 (1 + B v_{ср1(2)}^n) s}.$$

При правильном выборе n третье уравнение должно удовлетворять третьей опытной точке.

Равенство (1) связывает потери кинетической энергии пули со средней ее скоростью, которая при расчетном методе исследования убойного (пробивного) действия пули неизвестна. Поэтому представляет практический интерес связь потерь энергии пули со скоростью ее у цели v_c. Эта связь получается из системы равенств (1), (2), (3) и имеет вид:

$$\Delta E = \lambda A d^2 \left[1 + B \frac{v_c^n}{2^n}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{\Delta E}{E_c}}\right)^n\right] s, \tag{4}$$

где $E_c = \frac{q v_c^2}{2g}$ — кинетическая энергия пули у цели.

Отыскание потерь кинетической энергии пули по равенству (4) целесообразно производить методом последовательных приближений, для чего в первом приближении под знаком корня берется $\Delta E = 0$, затем туда подставляются последовательно получаемые значения

$$\Delta E_1 = \lambda A d^2 (1 + B v_c^n) s;$$

$$\Delta E_2 = \lambda A d^2 \left[1 + B \frac{v_c^n}{2^n}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{\Delta E_1}{E_c}}\right)^n\right] s \text{ и т. д.}$$

Опыт показывает, что хорошая сходимость результатов расчета получается уже во втором приближении.

Результаты расчетов и опытов стрельбы различными пулями по различным преградам показывают, что хорошо согласуется с опытными данными показатель степени скорости $n = 2$,

При этом частном значении показателя степени зависимость потерь энергии пули от скорости можно получить в иной форме, отличной от формулы (4) и не требующей вычисления методом последовательных приближений.

Переписав равенство (1) в дифференциальной форме, получаем

$$d\left(\frac{qv^2}{2g}\right) = -\lambda A d^2 (1 + Bv^2) ds.$$

Разделив переменные

$$ds = -\frac{q}{2g\lambda A d^2} \cdot \frac{d(v^2)}{1 + Bv^2}$$

и произведя интегрирование в пределах пути от 0 до s и скорости от v_c до v_s, получим

$$s = \frac{q}{2g\lambda A d^2 B} \ln \frac{1 + Bv_c^2}{1 + Bv_s^2}$$

или

$$s = \frac{q}{\lambda C d^2} \ln \frac{1 + Bv_c^2}{1 + Bv_s^2}, \qquad (5)$$

где $C = 2gAB$.

Определив из равенства (5) остаточную скорость

$$v_s^2 = \frac{1}{B}\left[(1 + Bv_c^2) e^{-\lambda C \frac{d^2}{q} s} - 1\right]$$

и подставив ее в выражение (3), получим

$$\Delta E = \frac{q}{2gB}(1 + Bv_c^2)\left(1 - e^{-\lambda C \frac{d^2}{q} s}\right).$$

Введя обозначение $\frac{1}{2gB} = D$, окончательно имеем

$$\Delta E = Dq(1 + Bv_c^2)\left(1 - e^{-\lambda C \frac{d^2}{q} s}\right). \qquad (6)$$

Формула (4) получена при осреднении скорости пули в пробиваемой среде и сопротивления среды на пути пули s, а в формуле (6) учтена переменность скорости пули и сопротивления среды. Однако результаты расчетов по обеим формулам практически совпадают при одних и тех же значениях коэффициентов A и B.

Для расчета потерь энергии как характеристики убойного действия можно принять $A = 3{,}4 \cdot 10^5$ и $B = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$ при размерности остальных величин, входящих в формулы, *кГ—м—сек*.

Результаты расчета убойного действия легкой винтовочной пули по формулам (4) и (6) при указанных значениях A и B, $\lambda = 1$, $n = 2$ и $s = 0{,}1$ *м* приводятся в табл. 9, откуда и видна хорошая сходимость результатов.

Таблица 9

Характеристика убойного действия легкой винтовочной пули (ΔE *кГм*)

v_c *м/сек*	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
По формуле (4)	1,97	2,23	3,25	4,96	7,35	10,5	14,2	18,7	23,8	29,8
По формуле (6)	1,94	2,29	3,34	5,08	7,53	10,7	14,5	19,1	24,2	30,2

Влияние отдельных факторов на убойное действие пуль

Выведенные формулы (4) и (6) для потерь кинетической энергии как характеристики убойного действия пуль позволяют оценить влияние на убойность калибра, веса, формы и скорости пули при встрече с целью.

Влияние **скорости пули** на ее убойное действие при равных прочих условиях (калибр, вес и форма пули) согласно формуле (6) определяется зависимостью

$$\Delta E = K(1 + Bv_c^2),$$

где K — постоянный для данной пули коэффициент.

Эта зависимость для пуль различного калибра при $\lambda = 1$ (форма легкой винтовочной пули) показана на рис. 24, откуда следует, что характеристика убойного действия прогрессивно увеличивается с возрастанием скорости пули. Скорость пули при встрече с целью является, таким образом, одним из существенных факторов, определяющих убойное действие. Влияние скорости на убойность пули тем *больше*, чем *больше* калибр.

Влияние **калибра** на убойное действие пули при равных прочих условиях определяется зависимостями

$$\Delta E = M(1 - e^{-md^2})$$

или

$$\Delta E = Nd^2,$$

вытекающими соответственно из формул (6) и (4) и дающих практически одни и те же результаты (рис. 25). Здесь M, m и N — коэффициенты, постоянные для постоянного веса, формы и скорости пуль различных калибров. Из рис. 25 видно, что

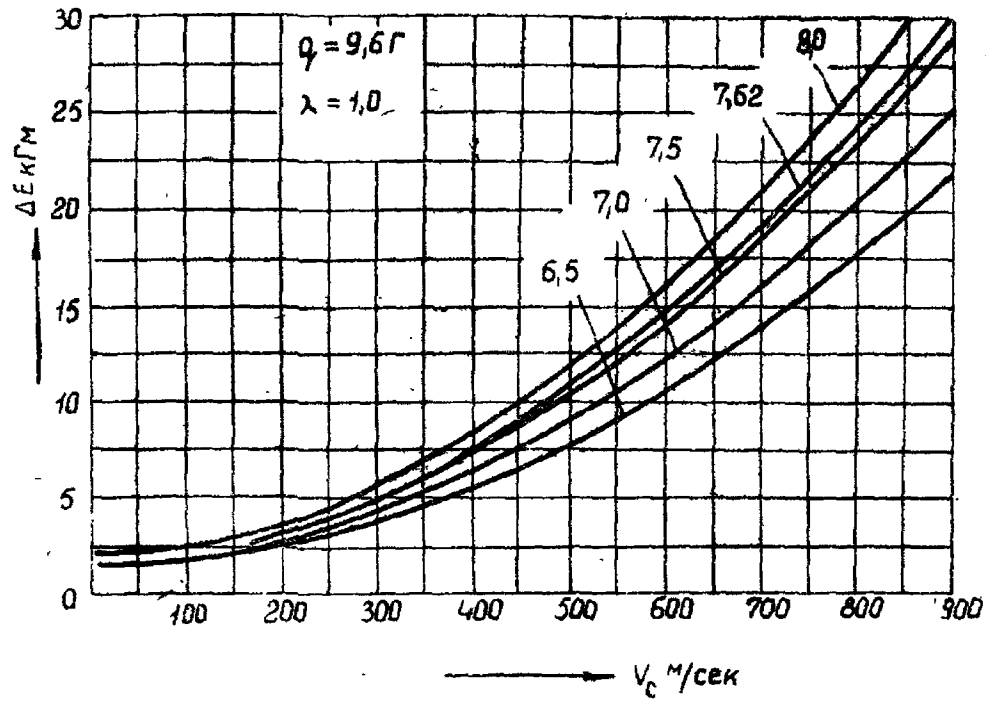

Рис. 24. Влияние калибра и скорости пули на убойное действие.

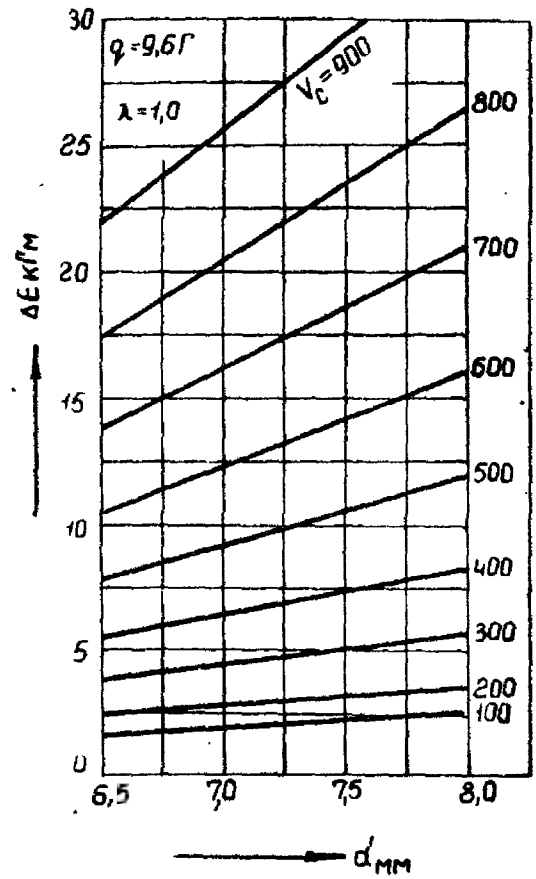

Рис. 25. Влияние калибра на убойное действие пули.

калибр оружия оказывает существенное влияние на убойное действие пуль, причем тем большее, чем больше скорость пули при встрече с целью.

Что касается **веса пули**, то влияние его можно оценить по зависимости

$$\Delta E = Rq\left(1 - e^{-\frac{r}{q}}\right),$$

вытекающей из формулы (6), где R и r — постоянные коэффициенты. Результаты расчета по этой зависимости при постоянных d, v_c и $\lambda = 1$ показывают, что влияние веса пули на убойное действие ее практически ничтожно, так как пуля имеет достаточный запас энергии, превосходящий потери энергии.

Если одновременно с изменением веса пули изменяется и калибр оружия, причем так, что поперечная нагрузка пули остается постоянной, то убойное действие изменяется в соответствии с равенством

$$\Delta E = Pq = Nd^2,$$

вытекающим из формулы (6), где P и N — постоянные коэффициенты. С точки зрения убойного действия пули увеличение ее веса при сохранении поперечной нагрузки равносильно увеличению калибра.

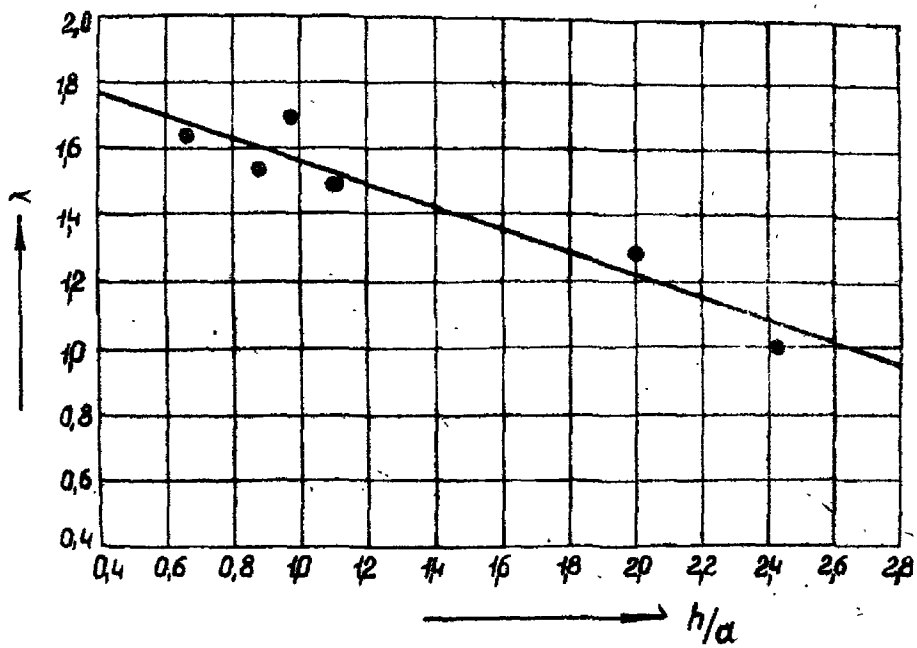

Рис. 26. Зависимость коэффициента формы пули от длины ее головной части в калибрах.

Форма пули оказывает такое же существенное влияние на убойное действие, как и калибр оружия. Чтобы иметь представление об этом, достаточно сказать, что пуля обр. 1943 г. вследствие иной формы головной части обеспечивает при тех

же скоростях, что у легкой пули обр. 1908 г., на 30% большую потерю энергии ($\lambda = 1{,}3$), а 7,62-*мм* пистолетная пуля — на 70 % ($\lambda = 1{,}7$).

Величины коэффициента формы пули λ имеют определенную зависимость от длины головной части пули в калибрах. Если принять для легкой винтовочной пули $\lambda = 1$, то для других пуль коэффициент формы с достаточной точностью можно определить по эмпирической зависимости

$$\lambda = 1{,}91 - 0{,}35\frac{h}{d};$$

где h, d — соответственно длина головной части пули и калибр оружия.

Эта зависимость графически изображена на рис. 26.

Методика оценки убойного действия существующих и проектируемых пуль

При исследовании и сравнительной оценке убойного действия существующих пуль, выпускаемых из конкретных образцов оружия, задача сводится к определению характеристики убойного действия на различных дальностях по заданным величинам калибра d, веса q, формы λ и начальной скорости пули v_0.

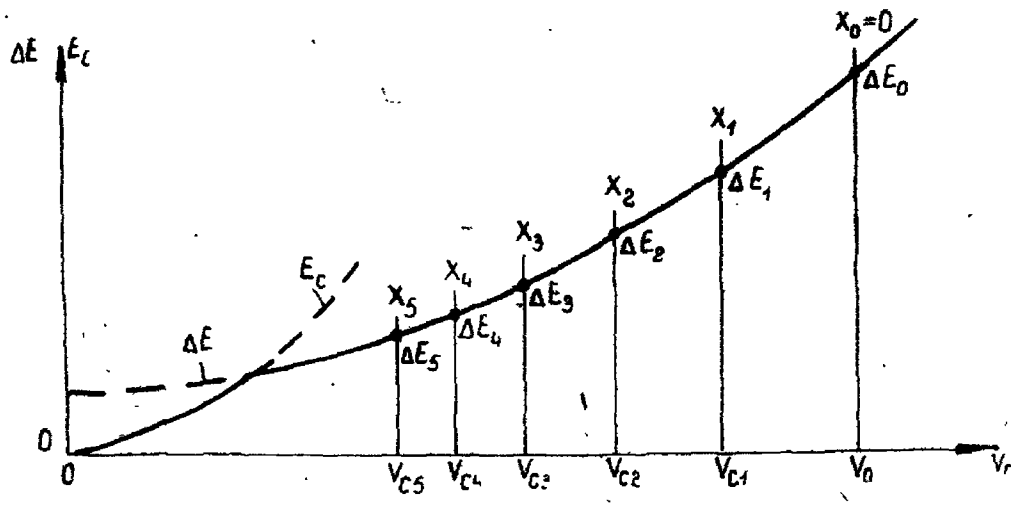

Рис. 27. Зависимость убойного действия от скорости пули.

Имея в виду пока действие пули по открытым живым целям, можно наметить следующий порядок решения такой задачи.

1. С помощью таблиц стрельбы устанавливаются скорости пули на различных дальностях

$$v_c = f(X).$$

При отсутствии таблиц стрельбы зависимость скорости пули от дальности устанавливается по таблицам функции $D(v)$, имеющей следующую связь с баллистическим коэффициентом c и дальностью X:

$$cX = D(v_c) - D(v_0).$$

2. Пользуясь формулой (4) при $n = 2$ или (6), по найденным скоростям пули v_c определяем соответствующие величины характеристики убойного действия

$$\Delta E = f(v_c)$$

и строим график (рис. 27). Так как на начальном участке графика потеря энергии ΔE не может быть больше общего

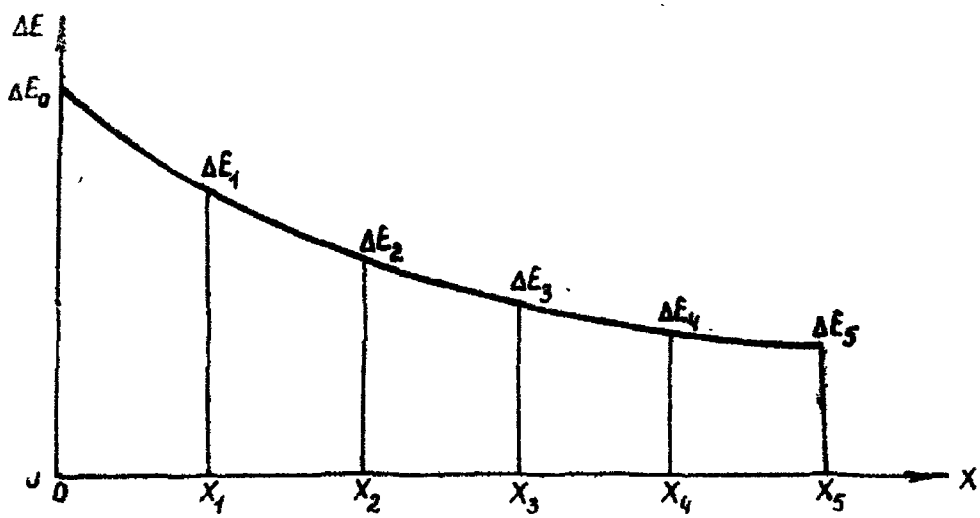

Рис. 28. Зависимость убойного действия пули от дальности.

запаса кинетической энергии E_c, то график в этом месте уточняется, как показано на рисунке. На полученном графике рекомендуется отметить величины скоростей v_c и соответствующие им дальности X.

3. Пользуясь полученным графиком (см. рис. 27), строим график зависимости характеристики убойного действия от дальности (рис. 28)

$$\Delta E = \varphi(X).$$

Все величины, необходимые для его построения, берутся с предыдущего графика.

Сравнивая зависимости характеристики убойного действия от дальности, полученные для различных пуль и образцов оружия, можно дать им сравнительную оценку.

В качестве примеров на рис. 29 приводится зависимость характеристики убойного действия легкой винтовочной пули от скорости, а на рис. 30—32 — зависимость этой характеристики от дальности для различных образцов оружия. На основании этих зависимостей можно сделать интересные сравнения.

9-*мм* пистолет Макарова, несмотря на значительно меньшую начальную скорость пули, лишь немного уступает в убойном (останавливающем) действии пули 7,62-*мм* пистолету ТТ (рис. 30).

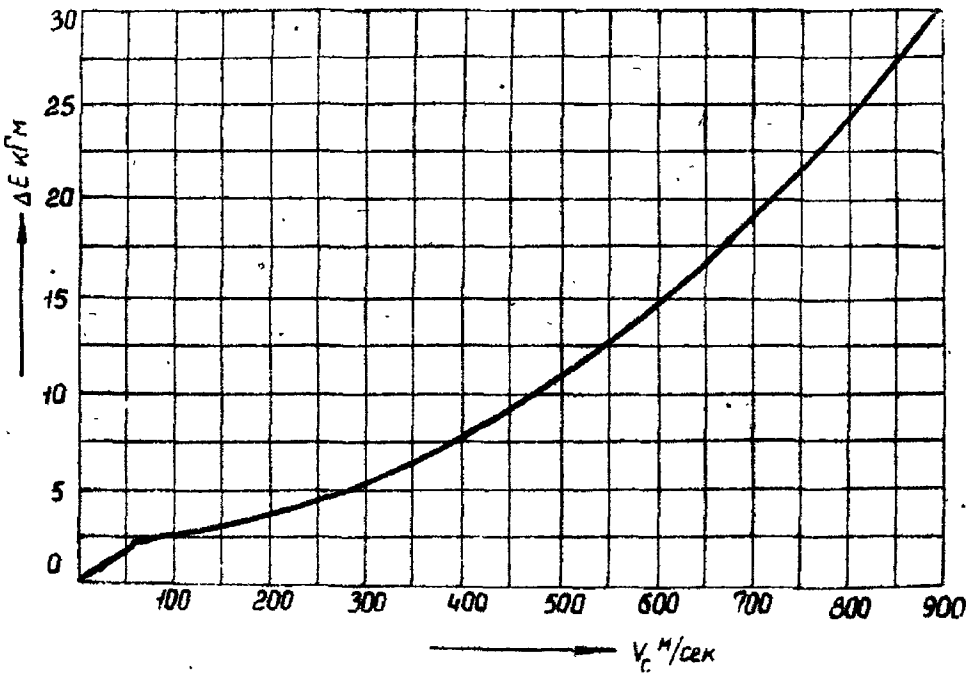

Рис. 29. Зависимость убойного действия легкой винтовочной пули от скорости.

Большой калибр позволил обеспечить высокое убойное действие пули при небольшой ее скорости.

Самозарядный карабин Симонова (СКС) и карабин обр. 1944 г. обладают одинаковым убойным действием пули в непо-

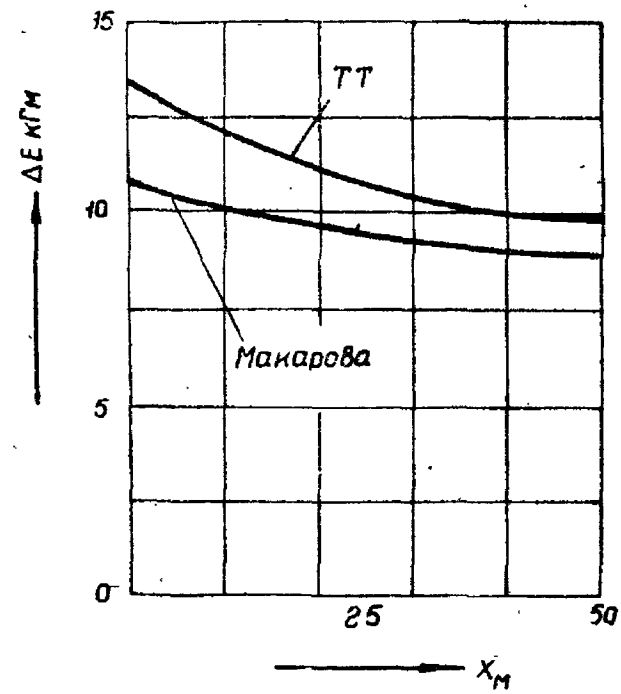

Рис. 30. Зависимость убойного действия пуль от дальности для пистолетов ТТ и ПМ.

средственной близости от оружия и на дальности 1 000 *м* (рис. 31). На промежуточных дальностях СКС несколько уступает карабину 1944 г. Однако разность характеристик убойного действия не превосходит 10%.

У пистолета-пулемета Шпагина (ППШ) и автоматического пистолета Стечкина (АПС) разность в убойном действии пули на дальностях 100—300 *м* не превосходит 7%. Лишь в непосредственной близости эта разность более существенна (рис. 32).

При исследовании убойного действия проектируемых пуль задача может стоять по-разному.

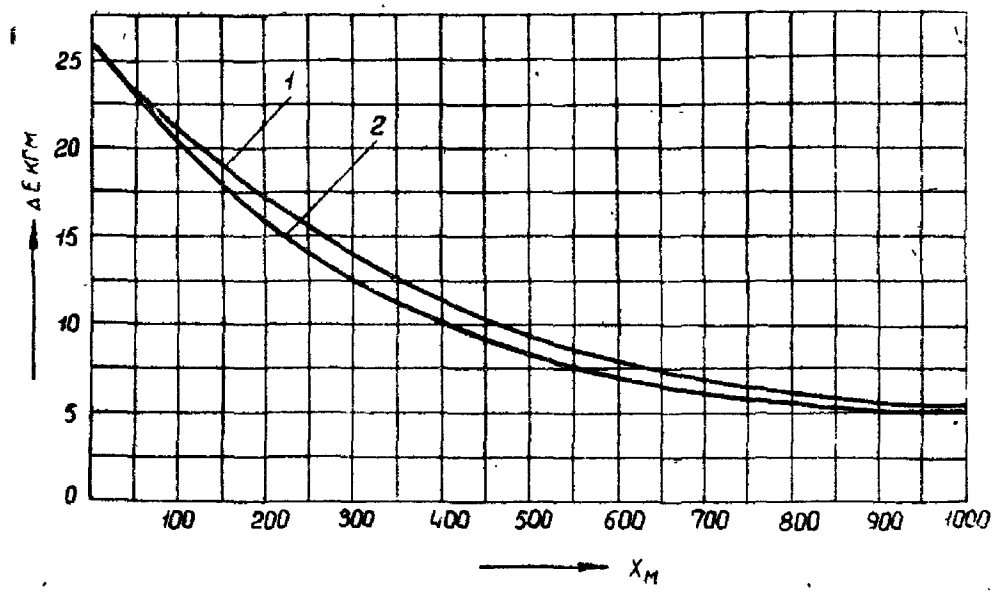

Рис. 31. Зависимость убойного действия пуль от дальности: 1—для карабина 1944 г.; 2—для СКС.

Если баллистическое решение выбрано, т. е. установлены калибр, вес, форма и начальная скорость пули, то задача исследования сводится, как и в предыдущем случае, к определению характеристики убойного действия пули на различных дальностях.

Если само баллистическое решение определяется заданным убойным действием, то задача сводится к отысканию такого сочетания калибра, веса, формы и скорости пули, чтобы обеспечить требуемое действие на заданной дальности. При решении такой задачи может быть использована формула (6). Например, при заданном калибре, весе и форме пули скорость ее при встрече с целью для обеспечения заданного убойного действия определится так:

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{B}\left[\frac{\Delta E}{Dq\left(1-e^{-\lambda C\frac{d^2}{q}s}\right)}-1\right]}.$$

Эта задача является характерной и основной при проектировании пистолетов. В этом случае обычно требуется обеспечить убойное (останавливающее) действие пули не ниже, чем у су-

ществующего образца пистолета, хорошо проверенного на практике, при минимальных размерах и весе оружия и удовлетворении другим требованиям (скорострельность, надежность и т. п.).

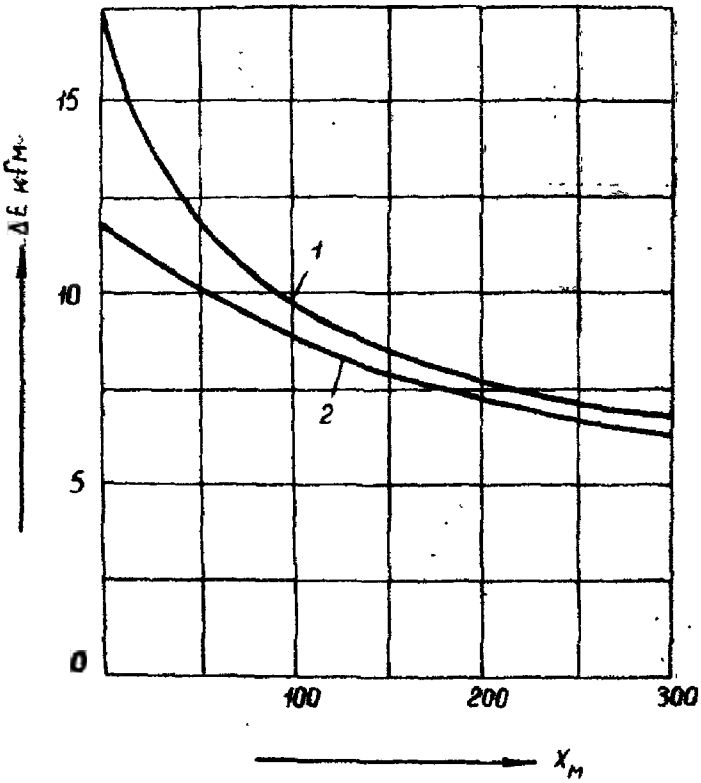

Рис. 32. Зависимость убойного действия пуль от дальности:
1—для ППШ; 2—для АПС.

Если взять, например, 9-*мм* пулю весом 6,1 *Г*, характеристика убойного действия которой в зависимости от скорости показана на рис. 33, то для получения такого же убойного действия в непосредственной близости, как при стрельбе из 7,62-*мм* пистолета ТТ

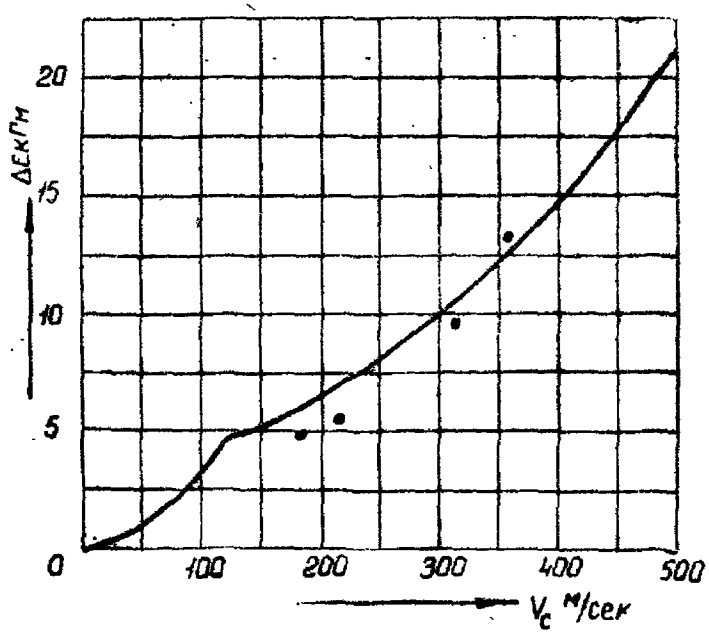

Рис. 33. Зависимость убойного действия 9-*мм* пули от скорости.

(начальная скорость пули 440 *м/сек*), необходимо иметь скорость пули 375 *м сек*. Если считать, что использование веса (металла) у нового пистолета будет таким же, как у пистолета ТТ, то его вес должен быть порядка 685 *Г*. 9-*мм* пистолет Макарова имеет несколько меньшую скорость пули (315 *м/сек*), вследствие чего ее убойное действие несколько ниже, чем у пистолета ТТ (см. рис. 30). Вес пистолета Макарова (730 *Г*), как и следовало ожидать, меньше веса ТТ.

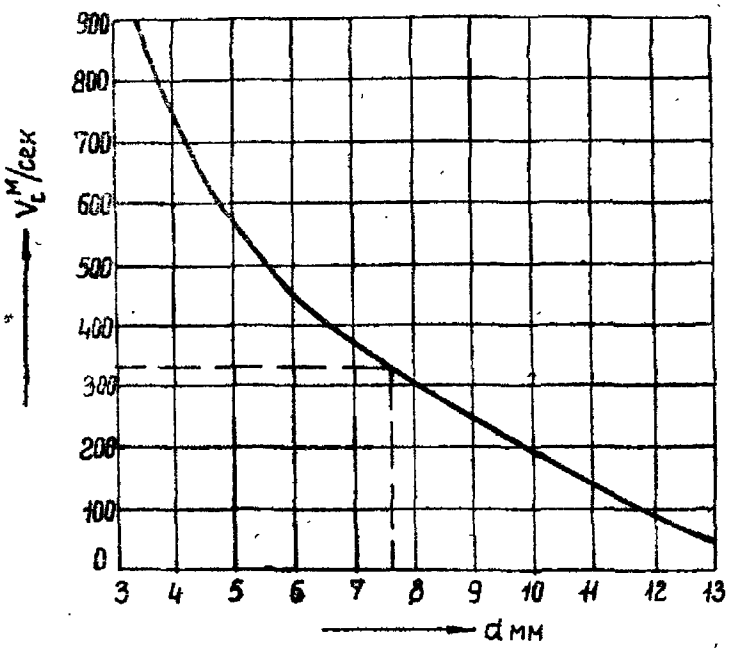

Рис. 34. Условие сохранения убойного действия пули на дальности 800 *м* при $\lambda=1$.

Если, например, требуется сохранить убойное действие пули на дальности 800 *м* таким же, как при стрельбе из 7,62-*мм* карабина обр. 1944 г., то это условие может быть выполнено при различных сочетаниях калибра, формы пули и ее скорости на этой дальности.

Если форма ($\lambda=1$) и поперечная нагрузка (21 *Г/см²*) новой пули принимаются такими же, как у существующей легкой винтовочной пули, то указанное условие может быть выполнено при различных сочетаниях калибра и скорости пули (рис. 34).

Рассмотрение убойного действия пули независимо от пробивного действия допустимо только для пистолетных пуль при стрельбе из пистолета. Для других пуль, применяемых для стрельбы из автоматов, карабинов, ручных и станковых пулеметов, необходимо рассматривать убойное действие в связи с пробивным действием.

Пробивное действие пуль

Метод расчета, положенный в основу исследования убойного действия, может быть использован также при исследовании пробивного действия пуль по различным преградам, включая броню.

Рассчитать пробивное действие или глубину проникновения пули в преграду позволяет полученная ранее формула (5)

$$s = \frac{q}{\lambda C d^2} \ln \frac{1 + B v_c^2}{1 + B v_s^2}.$$

При $v_s = 0$ получим максимальную глубину проникновения пули в преграду при заданной v_c

$$S = \frac{q}{\lambda C d^2} \ln (1 + B v_c^2). \qquad (7)$$

Коэффициенты B и C могут быть определены опытным путем, о чем говорилось ранее, и по имеющимся опытным данным. При известных величинах этих коэффициентов задача исследования пробивного действия существующих пуль сводится обычно к определению зависимостей

$$S = f(v_c) \text{ и } S = \varphi(X).$$

Проследим характер вычислений на примерах.

Пример 1. В наставлении по стрелковому делу* приводятся опытные данные по пробивному действию легкой винтовочной пули. При стрельбе из винтовки ($v_0 = 865$ *м/сек*) легкая винтовочная пуля пробивает на дальности 100 *м* 36 дюймовых сосновых досок, поставленных с промежутками 2,5 *см*, на 500 *м* — 18 досок, на 1000 *м* — 8 досок и на 2000 *м* — 3 доски.

Пользуясь таблицами стрельбы для винтовки и суммируя пробиваемые доски на каждой дальности, получаем следующую опытную связь глубины проникновения пули в доски и скорости ее при встрече с ними:

v_c *м/сек*	187	311	504	781
S *м*	0,075	0,20	0,45	0,90

Равенству (7) для двух опытных точек удовлетворяют значения $B = 0{,}202 \cdot 10^{-5}$ и $C = 147{,}5$. Приняв для винтовочной пули $\lambda = 1$, расчетом получаем такую связь S и v_c:

v_c *м/сек*	100	200	300	400	500	600	700	800	840
S *м*	0,0225	0,0868	0,188	0,324	0,460	0,616	0,775	0,930	1,000

* Основания стрельбы из пехотного оружия. Воениздат, 1946.

Эта связь показана также графиком (рис. 35), на котором опытные данные обозначены точками и характеризуют хорошую сходимость опытных и расчетных данных.

Воспользовавшись таблицами стрельбы и перейдя от скоростей пули к дальностям, для пулемета, например, ДПМ и карабина обр. 1944 г. получаем числа пробиваемых досок, показанные на рис. 36.

Пример 2. По данным П. А. Петрова имеем следующие опытные величины бронепробиваемости (табл. 10), отмеченные точками на рис. 37 и 38.

Таблица 10

Опытные данные бронепробиваемости

7,92-*мм* пуля с вольфрамовым сердечником

v_c *м/сек*	560	700	817	927	1023	1150	1221	1294	Твердость брони
S мм	17,6	23,5	28,8	37,5	45,1	54,2	59,5	60	$H_Б = 255$
S мм	15,2	20,3	24,4	31,6	36,4	40	—	—	$H_Б = 444$

7,92-*мм* пуля со стальным сердечником

v_c *м/сек*	389	510	612	700	810	986	1104	1200	1341	1497	Твердость брони
S мм	8,1	11,0	12,8	15,8	20,3	26,2	31,4	34,0	41,5	49,8	$H_Б = 255$
S мм	6,1	8,5	9,9	10,8	12,7	18,1	21,6	25,6	28,0	31,5	$H_Б = 444$

Там же проведены кривые, рассчитанные по формуле (7) при $B = 5{,}5 \cdot 10^{-7}$ и значениях коэффициента $C = 2450$ и 2960 соответственно для мягкой и твердой брони.

Характерно, что при мягкой броне результаты расчета и опыта имеют удовлетворительное совпадение для обеих пуль. При твердой броне такое совпадение получается для пули с твердым сердечником. Расчет бронепробиваемости для твердой брони и мягкого (стального) сердечника дает завышенные результаты в сравнении с опытными данными. Последнее объясняется деформацией стального сердечника (см. рис. 37) при пробитии твердой брони со скоростью удара 700 *м/сек* и выше. Заметим, что деформация сердечника может быть учтена в формуле (7) коэффициентом формы. В данном случае расчетные и опытные данные хорошо согласуются при $\lambda = 1{,}3$, что показано на рис. 37 пунктиром.

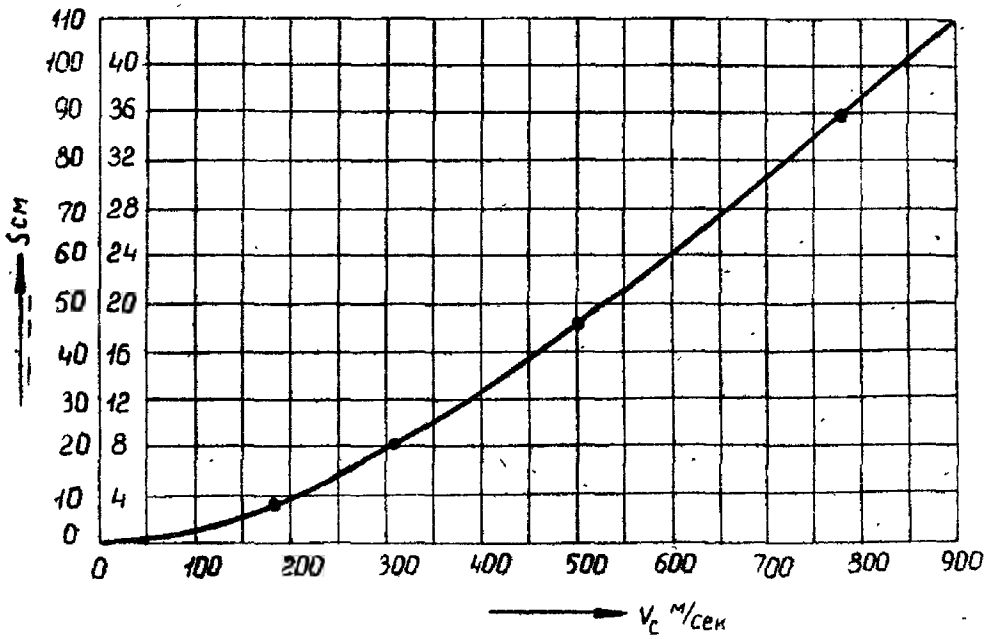

Рис. 35. Зависимость пробивного действия легкой винтовочной пули по сосновым доскам от скорости.

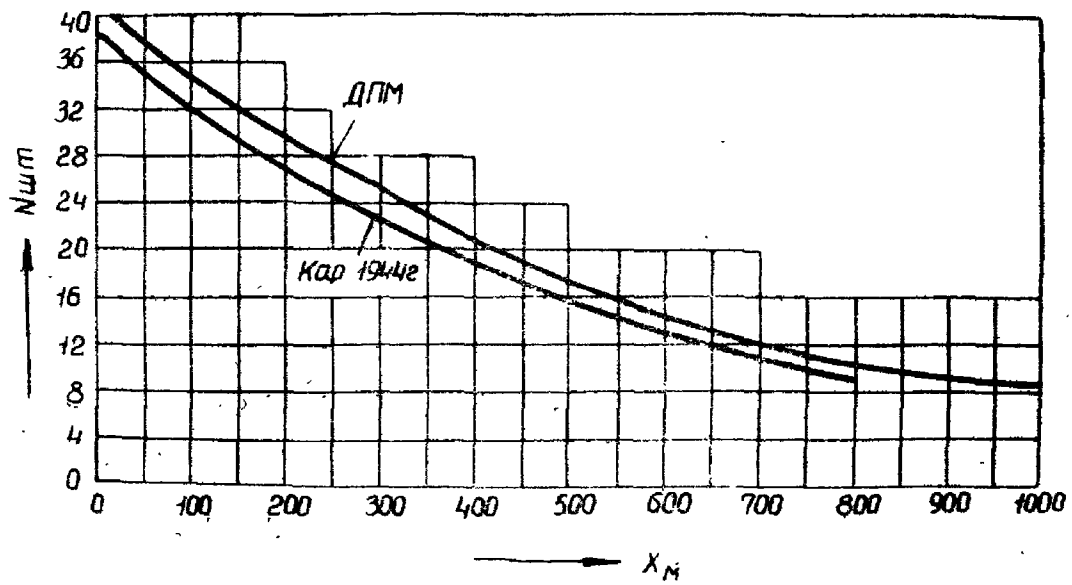

Рис. 36. Зависимость пробивного действия пули по сосновым доскам от дальности.

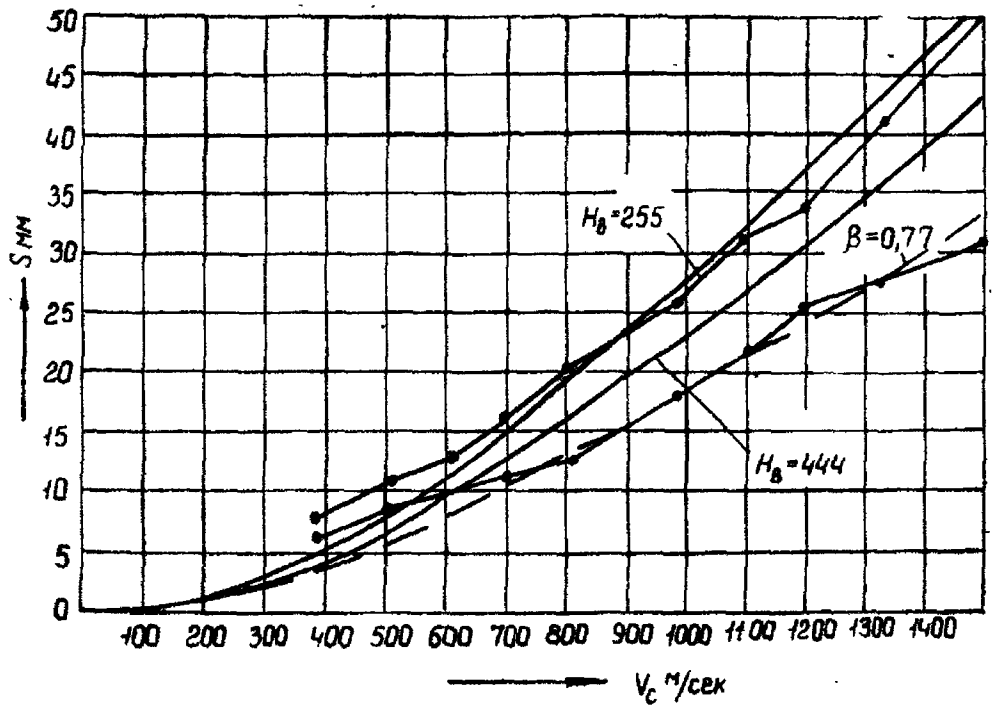

Рис. 37. Зависимость бронепробиваемости от скорости пули со стальным сердечником.

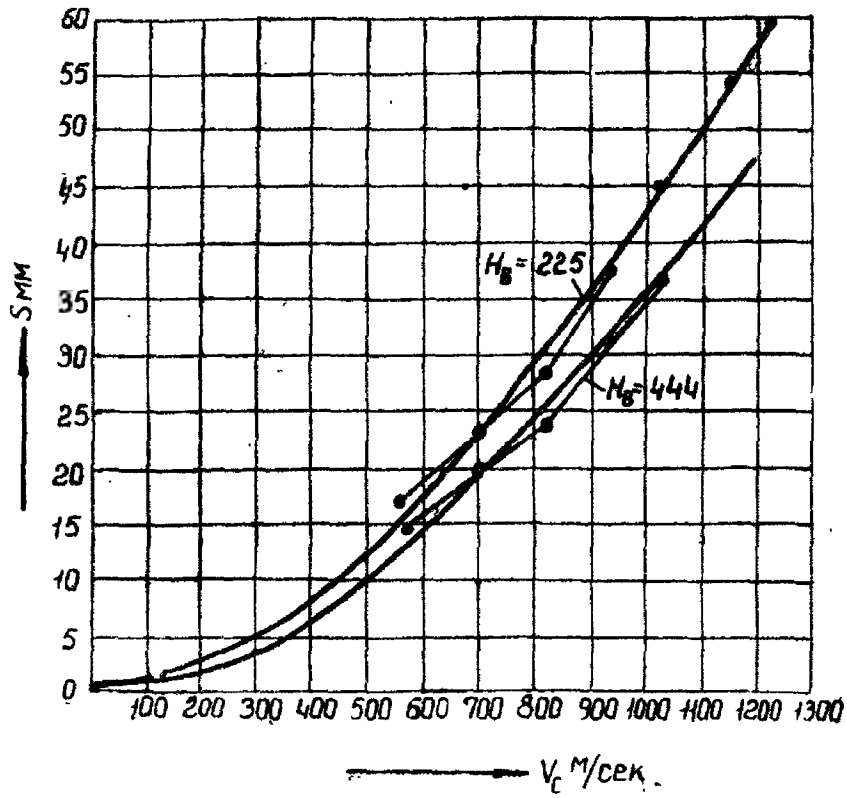

Рис. 38. Зависимость бронепробиваемости от скорости пули с карбидовольфрамовым сердечником.

В отличие от пробиваемости таких преград, как дерево, при расчете бронепробиваемости приходится учитывать разрушение оболочки пули при ударе ее в броню и угол встречи пули с броней.

Разрушение оболочки пули учитывается тем, что в расчетную формулу вместо веса пули и калибра подставляется вес бронебойного сердечника и его диаметр, так как остальные элементы пули оказывают ничтожное влияние на бронепробиваемость.

Что касается влияния угла α между касательной к траектории и нормалью к броне в точке удара, то его можно с достаточной точностью учесть, если умножить скорость в формуле (7) на $\cos\alpha$.

При исследовании пробивного действия проектируемых пуль задача сводится обычно к определению скорости пули, необходимой для пробития заданной преграды на заданной дальности и получения требуемой остаточной скорости. Задача эта решается так же, как и при исследовании убойного действия. Для этого необходимо воспользоваться формулой (7), переписав ее относительно скорости

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{B}\left[(1 + Bv_s^2)\, e^{\lambda C \frac{d^2}{q} s} - 1\right]}. \qquad (8)$$

Имея заданными остаточную скорость v_s и толщину пробиваемой среды s, по формуле (8) получаем необходимую скорость пули при встрече с целью, а затем начальную скорость пули. В том случае, когда $v_s = 0$, имеем

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{B}\left(e^{\lambda C \frac{d^2}{q} s} - 1\right)}.$$

Оценка убойного действия пули с учетом пробивного действия

При исследовании действия существующих и проектируемых пуль по целям представляет интерес задача оценки убойного действия их после пробития различных преград. Решение такой задачи для существующих пуль сводится к определению остаточной скорости пули на различных дальностях по формуле пробивного действия

$$v_s^2 = \frac{1}{B}\left[(1 + Bv_c^2)\, e^{-\lambda C \frac{d^2}{q} s} - 1\right]$$

и к определению характеристики убойного действия по полученной остаточной скорости

$$\Delta E = Dq(1 + Bv_s^2)\left(1 - e^{-\lambda C \frac{d^2}{q} s}\right).$$

Для проектируемых пуль приходится задаваться характеристикой убойного действия и определять по ней необходимую остаточную скорость пули

$$v_s^2 = \frac{1}{B}\left[\frac{\Delta E}{Dq\left(1 - e^{-\lambda C \frac{d^2}{q} s}\right)} - 1\right],$$

затем необходимую скорость встречи пули с преградой, рассматривая пробивное действие

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{B}\left[(1 + Bv_s^2)\, e^{\lambda C \frac{d^2}{q} s} - 1\right]},$$

и, наконец, начальную скорость пули в зависимости от дальности до цели.

При решении последней задачи встает вопрос о назначении необходимой величины характеристики убойного действия. Ориентировочно можно считать, что пуля, теряющая 4 *кГм* кинетической энергии, выводит из строя человека. Эта норма соответствует 8—10 *кГм* общего запаса кинетической энергии легкой винтовочной пули, общепризнанного достаточным для поражения живых целей.

§ 6. ВЫБОР КАЛИБРА, ВЕСА И СКОРОСТИ ПУЛИ

При выборе баллистического решения, как указывалось ранее, ставится задача обеспечить требуемое действие пули на заданной дальности. Такая задача не имеет однозначного решения. Можно получить любое число решений, различным образом сочетающих величины d, q и v_0. Поэтому на практике приходится из нескольких возможных решений выбирать наиболее подходящее. Для получения решений, в свою очередь, приходится задаваться некоторыми характеристиками.

Рассмотрим примерный порядок работ при выборе калибра, веса и начальной скорости пули.

1) В зависимости от характера поставленной задачи задаться несколькими значениями калибра оружия. Чтобы более полно определить влияние калибра на свойства оружия и выявить тенденцию этого влияния, рекомендуется иметь не меньше трех значений калибра.

2) Для каждого калибра задаться несколькими (не менее трех) значениями веса пули q, пользуясь весовыми характеристиками в виде поперечной нагрузки

$$A = \frac{q}{n_s d^2},$$

где $n_s = 0{,}82$ — коэффициент,

или коэффициента веса

$$c_q = \frac{q}{d^3},$$

и учитывая значения этих характеристик у существующих пуль (табл. 11).

Таблица 11

Весовые характеристики существующих пуль и снарядов

Характеристика	Калибр (*мм*)			
	7,5—8	11—15	20—25	37—45
A *Г/см*^{2}	19—27	25—48	43—57	57—86
c_q *Г/см*^{3}	20—26	18—24	16—18	12—15

Имея значения весовых характеристик, можно получить вес пули (снаряда)

$$q = An_s d^2 \text{ или } q = c_q d^3.$$

3) Решая задачу обеспечения требуемого действия пуль по целям (§ 5), определить для каждого калибра и веса пули необходимую скорость удара v_c.

При обеспечении убойного действия пуль необходимо задаться их формой, ориентируясь на какие-либо существующие образцы пуль и принимая коэффициент формы λ одинаковым для всех вариантов пуль.

При рассмотрении бронепробивного действия необходимо знать значения диаметра и веса бронебойных сердечников d_c и q_c. Для этого полезно воспользоваться относительным диаметром сердечника $m_d = \frac{d_c}{d}$ и относительным весом сердечника $m_q = \frac{q_c}{q}$, которые у существующих пуль находятся в достаточно узких пределах. Значения m_d, например, находятся в пределах 0,75 — 0,85, увеличиваясь с увеличением калибра, а значения m_q — в пределах 0,55 — 0,60 для пуль типа Б-30, 0,60 — 0,65 для пуль типа Б-32 и 0,65 — 0,75 для пуль типа БС-41, также увеличиваясь с увеличением калибра. Эти характеристики можно установить и для других типов существующих пуль и снарядов. Зная их, можно определить диаметр и вес сердечника

$$d_c = m_d d \text{ и } q_c = m_q q.$$

4) Для определения начальной скорости пули каждого варианта необходимо задаться коэффициентом формы пули i и определить баллистический коэффициент

$$c = \frac{id^2}{q} 1000 \left[\frac{м^2}{кГ}\right],$$

учитывая значения этих характеристик у существующих пуль (табл. 12).

Таблица 12

Значения i у существующих пуль

Наименование пуль	v м/сек.	Для закона Сначчи	Для закона 1943 г.
7,62-*мм* пистолетная	420	0,75	1,35
7,62-*мм* легкая обр. 1908/30 гг.	860	0,61	1,18
7,62-*мм* тяжелая обр. 1930 г.	800	0,51	0,99
12,7-*мм* Б-32	820	0,51	0,99
12,7-*мм* МДЗ-3	900	0,96	1,85
14,5-*мм* Б-32	990	0,43	0,82
14,5-*мм* БС-41	950	0,55	1,06

Приняв для всех вариантов пуль коэффициент формы одинаковым и подсчитав баллистический коэффициент c, можно определить элементы траектории каждого варианта.

Для расчета элементов траектории можно воспользоваться таблицами основных функций Сиаччи

$$D(v),\ I(v),\ A(v),\ T(v)$$

с учетом особенностей баллистических свойств стрелкового оружия.

Таблицы основных функций Сиаччи (табл. 13) составлены в зависимости от псевдоскорости

$$U = \frac{\cos\Theta}{\cos\Theta_0} v,$$

где Θ — угол наклона вектора скорости к горизонту;

Θ_0 — угол бросания.

Для настильных траекторий стрелкового оружия в пределах дальностей действительного огня с достаточной для практики точностью можно производить расчеты, приняв $\frac{\cos\Theta}{\cos\Theta_0} = 1$ и $U = v$.

Таблица 13

Структура таблиц основных функций

$D(v)$	$I(v)$	Δ	$A(v)$	Δ	$T(v)$	Δ	v	Δ
—	—	—	—	—	—	—	—	—
6900	0,089747	278	224,556	899	5,45314	1190	840,7	1,1
10	90025	279	225,455	902	5,46504	1192	839,6	1,2
—	—	—	—	—	—	—	—	—

В расчетные формулы, наряду с основными функциями, входит баллистический коэффициент, умноженный на главный коэффициент β, т. е. $c' = \beta c$. Но для настильных траекторий $\beta = 1$, поэтому $c' = c$ и все последующие расчеты существенно упрощаются.

5) Имея значения скоростей удара пули в цель v_c и пользуясь таблицами основных функций, можно определить значения функций $D(v_c)$ и $T(v_c)$.

6) Пользуясь зависимостью для дальности

$$X = \frac{1}{c}[D(v_c) - D(v_0)], \qquad (9)$$

можно подсчитать значения функции $D(v_0)$ для каждого варианта, а по ним, пользуясь таблицами основных функций, найти значения начальной скорости v_0 и функции $T(v_0)$.

7) Пользуясь зависимостью для времени

$$T = \frac{1}{c}[T(v_c) - T(v_0)], \qquad (10)$$

можно подсчитать полетное время пули T.

8) Для анализа вариантов по настильности траектории необходимо определить высоту траектории для каждого варианта. При этом целесообразно воспользоваться таблицами вспомогательных функций Сиаччи [13], что дает существенные выгоды с точки зрения сокращения расчетов.

Выражения для вспомогательных функций имеют следующий вид:

$$f_0 = c' \sin 2\Theta_0;$$

$$f_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\Theta_0}{X}; \quad f_2 = \frac{\operatorname{tg}|\Theta_c|}{\operatorname{tg}\Theta_0}; \quad f_3 = \frac{v_0 \sin \Theta_0}{T}; \quad f_4 = \frac{v_c \cos \Theta_c}{\cos \Theta_0};$$

$$f_5 = \frac{X_s}{X}; \quad f_6 = \frac{Y}{X \operatorname{tg}\Theta_0}.$$

Значения функций $f_0 - f_6$ даются в таблицах в зависимости от значений $c'X$ и v_0 (табл. 14).

Таблица 14

Структура таблиц вспомогательных функций

$f_0 = c' \sin 2\Theta_0$

$c'X$ \ v_0	1000	975	950	925	900	875	850	825	800
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3000	0,03918	0,04134	0,04369	0,04625	0,04903	0,05207	0,05543	0,05912	0,06316
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Для определения высоты траектории Y целесообразно воспользоваться двумя вспомогательными функциями — f_0 и f_6. Учитывая, что

$$f_0 = c' \sin 2\Theta_0 = c' 2 \sin \Theta_0 \cos \Theta_0$$

и

$$f_6 = \frac{Y}{X \operatorname{tg} \Theta_0} = \frac{Y}{X} \frac{\cos \Theta_0}{\sin \Theta_0},$$

имеем

$$f_0 \cdot f_6 = c' 2 \frac{Y}{X} \cos^2 \Theta_0.$$

Принимая для настильных траекторий

$$\cos^2 \Theta_0 = 1 \text{ и } c' = c,$$

получаем

$$Y = \frac{X}{2c} f_0 f_6. \qquad (11)$$

Для некоторых видов оружия (карабины, винтовки, ручные и станковые пулеметы) обеспечение настильности траектории имеет особенно большое значение. В этих случаях принято пользоваться дальностью прямого выстрела по типичной цели (обычно грудная мишень высотой 50 *см*). Прямым путем задача определения дальности прямого выстрела с помощью основных функций не решается. С помощью вспомогательных функций эту задачу можно решить прямым путем, задаваясь высотой траектории Y (например, 0,5 *м*) и определяя дальность X по выражению (11).

С помощью вспомогательных функций можно рассчитать и все элементы траектории, однако точность таких расчетов для стрелкового оружия оказывается недостаточной. Дело в том, что таблицы функций $f_0 - f_6$ вычислены с большим шагом входных величин $c'X$ и v_0. Линейное интерполирование, особенно при малых значениях $c'X$, сопровождается большими погрешностями. Поэтому определять элементы траекторий пуль и малокалиберных снарядов рекомендуется по основным функциям, прибегая к помощи вспомогательных функций лишь для ориентировочного определения некоторых элементов, в частности, высоты траектории и дальности прямого выстрела.

В предыдущих рекомендациях о порядке вычислений принималось допущение $\beta = 1$ и $c' = c$. Применительно к стрелковому оружию это допущение приемлемо для подавляющего большинства случаев. В отдельных случаях, когда углы броса-

ния значительны, принятое допущение может дать заметные погрешности, потребуется знать величину главного коэффициента β и расчеты производить при $c' = \beta c$.

При анализе настильности траекторий и расчете прицельных приспособлений известными (заданными) являются обычно величины c, v_0, X. Для определения коэффициента β в этом случае можно воспользоваться вспомогательной функцией $f_0 = c' \sin 2\Theta_0$. Вычислив cX и имея v_0, в таблице этой функции находим ее значение, по которому можно определить значение угла бросания Θ_0. По значениям Θ_0, c, v_0 в соответствующей таблице [13] находится первое приближенное значение β, а следовательно, и $c' = \beta c$. Приняв теперь c' вместо c и повторив вычисления, получим уточненные значения f_0, Θ_0, β, c' и можем определить все элементы траектории уже более строго.

При расчете элементов траектории по таблицам основных и вспомогательных функций Сиаччи необходимо пользоваться таблицами логарифмов, так как обычная 25-сантиметровая логарифмическая линейка не дает желаемой точности.

Пример. В § 5 приводились данные пробивного действия легкой винтовочной пули при стрельбе из карабина обр. 1944 г. по сосновым доскам. Зададимся целью обеспечить такое же пробивное действие на дальности 400 *м* (20 досок) пулями такого же калибра ($d = 7{,}62$ *мм*) и формы ($i = 1{,}18$)*, но разного веса: $q_1 = 9$ *Г*; $q_2 = 9{,}6$ *Г*; $q_3 = 10{,}2$ *Г*. Порядок расчета проследим на варианте с весом пули 9,6 *Г*.

Воспользуемся формулой (8) при $v_s = 0$

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{B}\left(e^{\lambda C \frac{d^2}{q} s} - 1\right)},$$

учитывая, что $\lambda = 1$; $B = 0{,}202 \cdot 10^{-5}$; $C = 147{,}5$; $d = 7{,}62 \cdot 10^{-3}$ *м*; $q = 9{,}6 \cdot 10^{-3}$ *кГ* и $s = 0{,}5$ *м*.

1) Определяем скорость пули, необходимую для пробития двадцати досок общей толщиной $s = 0{,}5$ *м* (табл. 15). Получаем скорость $v_c = 527{,}56$ *м/сек*, близкую к табличной скорости на дальности 400 *м* (531 *м/сек*).

2) Определяем баллистический коэффициент к закону сопротивления воздуха 1943 г. (табл. 16).

3) По скорости $v_c = 527{,}6$ *м/сек* в таблице основных функций находим значения функций $D(v_c)$ и $T(v_c)$ (табл. 17).

4) По значению $D(v_c)$ подсчитываем значение функции $D(v_0)$ (табл. 18).

---

* Применительно к закону сопротивления воздуха 1943 г.

Таблица 15

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{B}\left(e^{\lambda C \frac{d^2}{q} s} - 1\right)}$$

$\lg d$	$\bar{3},88195$
$2 \lg d$	$\bar{5},76390$
$\lg q$	$\bar{3},98227$
$\lg\left(\frac{d^2}{q}\right)$	$\bar{3},78163$
$\lg C$	2,16879
$\lg s$	$\bar{1},69897$
$\lg(\lg e)$	$\bar{1},63779$
Σ	$\bar{1},28718$
$\lg[(\quad)+1]$	0,19372
$[(\quad)+1]$	1,5622
$(\quad)$	0,5622
$\lg(\quad)$	$\bar{1},74989$
$\lg B$	$\bar{6},30535$
$2 \lg v_c$	5,44454
$\lg v_c$	2,72227
v_c	527,56

Таблица 16

$$c = \frac{id^2}{q} 1000$$

$2 \lg d$	$\bar{5},76390$
$\lg i$	0,07188
$\lg 1000$	3,00 000
Σ	$\bar{2},83578$
$\lg q$	$\bar{3},98227$
$\lg c$	0,85351
c	7,1379

Таблица 17

$D(v_c)$, $T(v_c)$

$D(v_c)$	$T(v_c)$	v_c
9970	10,06426	528,1
9975,6	10,07476	527,6
9980	10,08321	527,2

5) По значенню $D(v_0)$ в таблице основных функций находим значения функции $T(v_0)$ и скорости v_0 (табл. 19). Полученное значение начальной скорости пули (815,5 *м/сек*) близко к табличной скорости для карабина обр. 1944 г. (820 *м/сек*).

Таблица 18

$D(v_0)=D(v_c)-cX$

$D(v_c)$	9975,6
$\lg c$	0,85351
$\lg X$	2,60206
$\lg cX$	3,45557
cX	2854,8
$D(v_0)$	7120,8

Таблица 19

$T(v_0)$, v_0

$D(v_0)$	$T(v_0)$	v_0
7120	5,71882	815,6
7120,6	5,71979	815,5
7130	5,73109	814,5

6) Подсчитываем полетное время пули на дальность 400 *м* (0,61022 *сек*), которое весьма близко к табличному (0,61 *сек*) для карабина (табл. 20)

Таблица 20

$$T=\frac{1}{c}[T(v_c)-T(v_0)]$$

$T(v_c)$	10,07476
$T(v_0)$	5,71979
cT	4,35497
$\lg cT$	0,63899
$\lg c$	0,85351
$\lg T$	$\bar{1}$,78548
T	0,61022

7) Высоту траектории, как указывалось ранее, выгоднее определять по вспомогательным функциям. Для этого по значениям $v_0=815{,}5$ *м/сек* и $cX=7{,}1379\cdot400=2855{,}2$ определяем по таблицам значения функций f_0 и f_6 (табл. 21, 22).

Таблица 21

f_0

cX \ v_0	825	815,5	800
2800	0,05390	0,05529	0,05755
2855,2		0,05677	
3000	0,05912	0,06066	0,06316

Таблица 22

$f_б$

cX \ v_0	850	815,5	800
2500	0,2820	0,2827	0,2830
2855,2		0,2879	
3000	0,2893	0,2902	0,2906

Подсчитав высоту траектории (табл. 23), получаем $Y = 0{,}4580$ *м*, что также почти совпадает с табличным значением для карабина обр. 1944 г. (0,46 *м*).

Таблица 23

$$Y = \frac{X}{2c} f_0 f_б$$

$\lg X$	2,60206
$\lg 2c$	1,15460
$\lg\left(\frac{X}{2c}\right)$	1,44746
$\lg f_0$	$\bar{2}$,75412
$\lg f_б$	$\bar{1}$,45924
$\lg Y$	$\bar{1}$,66082
Y	0,4580

Сводные данные, полученные таким же образом для всех трех вариантов пуль, приводятся в табл. 24.

Решение других вариантов задач достаточно подробно освещается в курсах внешней баллистики.

Для более полной оценки различных вариантов оружия необходим дополнительный сравнительный материал, который можно получить, анализируя варианты баллистического решения.

Таблица 24

Сводные данные

q (Г)	c ($м^2/кГ$)	v_0 ($м/сек$)	E_0 ($кГм$)	T ($сек$)	Y ($м$)
9,0	7,613	865,0	343,2	0,581	0,416
9,6	7,138	815,5	325,4	0,610	0,458
10,2	6,717	772,4	310,1	0,639	0,512

§ 7. АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Баллистические характеристики, полученные в результате решения задачи действия пуль по целям и задачи внешней баллистики, приходится согласовывать с тактико-техническими требованиями к проектируемому оружию. Иначе говоря, приходится выбирать вариант баллистического решения из многих вариантов, отдавая предпочтение тому из них, который наилучшим образом отвечает тактико-техническим требованиям.

Полученные варианты баллистического решения должны быть оценены с этих позиций, прежде чем производить внутрибаллистические расчеты. Предварительно требуется уточнить вопрос о том, в каких пределах возможно получить наиболее выгодные решения. Это позволит сократить расчеты при последующем подборе условий заряжания.

Чтобы ориентироваться в общей картине возможных решений и иметь дополнительные сравнительные данные, можно воспользоваться следующими простыми приемами.

Определение соотношения P_{max} и $l_д$

Взяв уравнение работы пороховых газов в канале ствола

$$\int_0^{l_д} Psdx = \varphi E_0$$

и приняв давление пороховых газов средним значением

$$P_{ср} = \eta_p P_{max},$$

получим

$$\eta_p n_s d^2 P_{max} l_д = \varphi E_0, \qquad (12)$$

где $\eta_p = \frac{P_{ср}}{P_{max}}$ — коэффициент полноты диаграммы $P(x)$ (рис. 39);

$n_s = 0{,}82$ — коэффициент площади поперечного сечения канала;

d — калибр;

P_{max} — максимальное давление газов;

$l_д$ — путь пули в канале ствола;

E_0 — дульная энергия;

φ — коэффициент фиктивности массы пули.

Учитывая, что не ставится цель точного решения задачи, можно задаться величиной η_p, ориентируясь на существующие системы. В первом приближении можно принять $\eta_p = 0{,}5 - 0{,}6$.

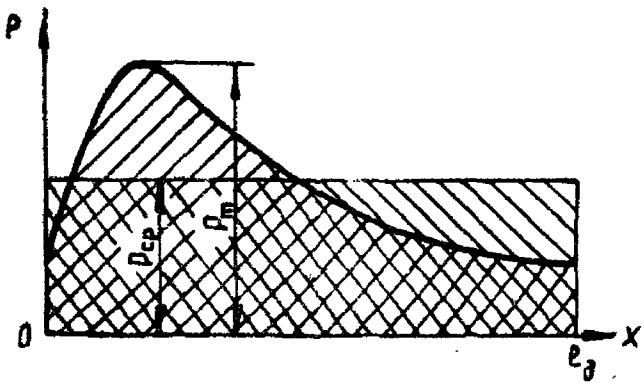

Рис. 39. Действительное и усредненное давление пороховых газов в канале ствола.

Коэффициент фиктивности можно ориентировочно определить по количеству пороха на единицу дульной энергии (n_ω). Тогда

$$\omega = n_\omega E_0$$

и

$$\varphi = a + b\frac{n_\omega E_0}{q}. \qquad (13)$$

Величина n_ω у существующих систем стрелкового оружия находится в пределах 0,008 — 0,009 *Г/кГм* для оружия нормального калибра (пистолеты, автоматы, пулеметы) и доходит до 0,010 — 0,014 *Г/кГм* у мощных крупнокалиберных пулеметов.

Величины коэффициентов a и b для стрелкового оружия принято брать $a = 1{,}1$ и $b = 0{,}28$.

С учетом выражения (13) соотношение (12) может быть записано в следующей форме:

$$P_{max} l_д = \frac{\left(a + b\frac{n_\omega E_0}{q}\right)E_0}{\eta_p n_s d^2}, \qquad (14)$$

что и позволяет выбрать наиболее подходящее сочетание величин P_{max} и $l_д$ при заданной величине E_0.

Пример. Для калибра 7,62 *мм* из условия пробития 20 сосновых досок с расстояния 400 *м* были получены варианты, показанные в табл. 24.

Определим соотношения P_{max} и $l_д$ для этих вариантов по формуле (14) при $a=1{,}1$; $b=0{,}28$; $\mu_ω=0{,}009$; $\eta_p=0{,}6$; $n_s=0{,}82$.

Для веса пули $q=9{,}6$ *Г* имеем

$$P_{max}\,l_д=\frac{\left(1{,}1+0{,}28\,\frac{0{,}009}{9{,}6}\,325{,}4\right)325{,}4}{0{,}6\cdot 0{,}82\cdot 0{,}762^2}=1350\ кГм/см^2.$$

Таким же образом для вариантов с весом пули 9,0 и 10,2 *Г* получаем $P_{max}\,l_д$ соответственно 1440 и 1280 *кГм/см²*.

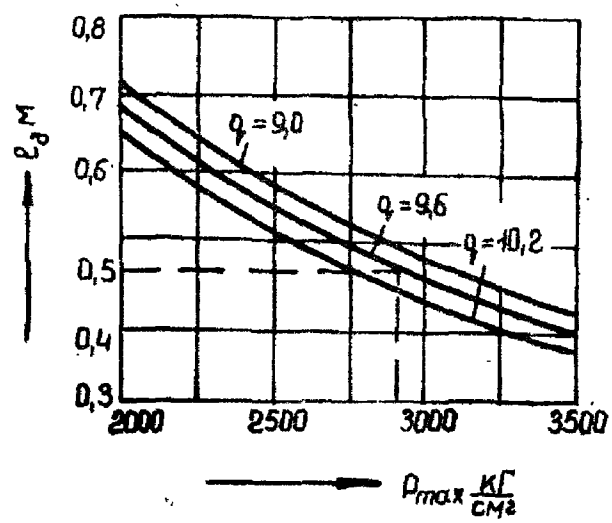

Рис. 40. Зависимость пути пули в канале от максимального давления газов.

Графики зависимости $l_д$ от P_{max} показаны на рис. 40. Там же пунктиром отмечено соотношение P_{max} и $l_д$ для карабина обр. 1944 г.

Подобные графики, построенные для различных вариантов баллистического решения, позволяют ориентировочно выбрать для последующей работы наиболее подходящие значения P_{max}, $l_д$ и q, отбросив явно непригодные варианты.

Определение веса оружия

Можно проследить изменение веса различных вариантов оружия, воспользовавшись выражением для коэффициента использования металла

$$\eta_1=\frac{E_0}{Q}\cdot\frac{n_т}{60}$$

и задаваясь его величиной с учетом существующей практики. Тогда вес оружия будет функцией дульной энергии

$$Q = \frac{n_т}{60\eta} E_0$$

или, для заданного калибра, функцией веса пули.

Если, например, ориентироваться на самозарядный карабин (винтовку) и ручной пулемет с темпом стрельбы порядка 600 выстрелов в минуту, то для них можно принять значение η соответственно 85 и 350. Тогда для рассматриваемых вариантов баллистического решения получим значения веса оружия, приведенные в табл. 25 и показанные на рис 41.

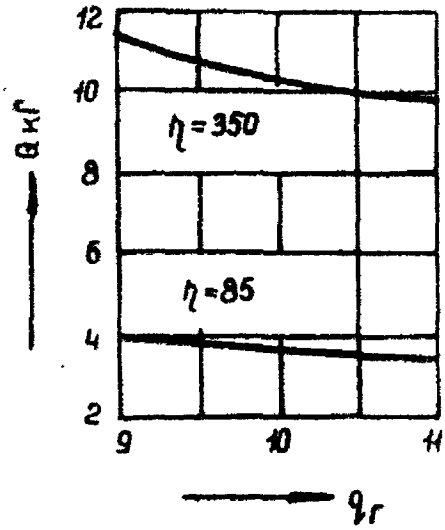

Рис. 41. Зависимость веса оружия от веса пули.

Таблица 25

Значения веса карабина* и ручного пулемета (кГ)

q (Г) \ η	85	350
9,0	4,04	11,4
9,6	3,83	10,7
10,2	3,65	10,3

Определение энергии отдачи

Для некоторых образцов оружия интересно проследить изменение энергии отдачи с изменением баллистических характеристик. Для отдельного выстрела это можно сделать следующим образом.

Для максимальной скорости свободной отдачи имеется формула

$$V = \frac{q}{Q}\left(1 + \beta\frac{\omega}{q}\right)v_0,$$

где β—коэффициент действия пороховых газов.

Тогда энергия свободной отдачи оружия

$$E = \frac{QV^2}{2g} = \frac{q^2}{2gQ}\left(1 + \beta\frac{\omega}{q}\right)^2 v_0^2.$$

* Для оружия одиночного огня берется $\eta = \frac{E_0}{Q}$.

Приняв, как это делалось ранее,

$$\omega = n_\omega E_0 \quad \text{и} \quad Q = \frac{E_0}{\eta},$$

получим

$$E = \eta q \left(1 + \beta \frac{n_\omega E_0}{q}\right)^2. \qquad (15)$$

По данным академика А. А. Благонравова для стрелкового оружия можно брать

$$\beta = \frac{1275}{v_0}.$$

С учетом этого выражение (15) можно записать еще в таком виде:

$$E = \eta q (1 + 0{,}065 n_\omega v_0)^2. \qquad (16)$$

Пример. Определим энергию отдачи карабина при следующих данных: $\eta = 85$ *кГм/кГ*; $n_\omega = 0{,}009$ *Г/кГм*;

q	9,0	9,6	10,2 *Г*
v_0	865	815,5	772,4 *м/сек*

$$E = 85 \cdot 9 \cdot 10^{-3}(1 + 0{,}065 \cdot 0{,}009 \cdot 865)^2 = 0{,}765\,(1 + 0{,}505)^2 = \\ = 0{,}765 \cdot 2{,}26 = 1{,}73 \text{ кГм}.$$

Для значений веса пули 9,6 и 10,2 *Г* таким же образом получаем значения энергии отдачи соответственно 1,77 и 1,83 *кГм* (рис. 42).

Выражения (15) и (16) не учитывают влияние дульных устройств на отдачу. При наличии на оружии дульного устройства (дульный тормоз, компенсатор, пламягаситель) влияние его можно учесть, зная его эффективность или задаваясь ею

$$\eta_E = \frac{E - E'}{E} = 1 - \frac{E'}{E}, \qquad (17)$$

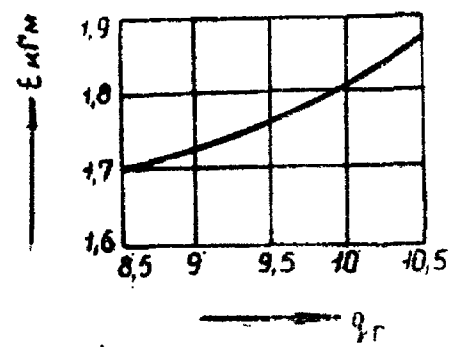

Рис. 42. Зависимость энергии отдачи от веса пули.

где E — энергия отдачи без дульного устройства;

E' — энергия отдачи с дульным устройством.

Из выражения (17) имеем

$$E' = (1 - \eta_E) E,$$

где η_E берется со своим знаком.

§ 8. ВЫБОР УСЛОВИЙ ЗАРЯЖАНИЯ

В отличие от прямой задачи внутренней баллистики, когда по заданным конструктивным данным канала ствола и условиям заряжания производится расчет кривых давления пороховых газов и скорости пули, задача баллистического проектирования допускает множество решений и является неопределенной.

В числе многих вариантов баллистического решения выделяют так называемые характерные варианты, к которым относятся вариант с наименьшим весом заряда; вариант с наименьшим объемом каморы; вариант с наименьшим объемом канала ствола; вариант с наивыгоднейшей плотностью заряжания, при которой начальная скорость будет наибольшей при заданном максимальном давлении газов и т. д. Практический интерес при проектировании стрелкового оружия и малокалиберных автоматических пушек представляют собой характерные варианты с наименьшим весом заряда и с наименьшим объемом каморы. Обычно между этими вариантами и находятся наиболее приемные варианты баллистического решения.

Существует несколько различных методов баллистического проектирования, однако в большинстве случаев они отражают специфику артиллерийских орудий. Специфика стрелкового оружия и малокалиберных автоматических пушек наиболее полно учитывается в методе профессора Д. А. Вентцеля. Этот метод изложен в его книге [2] и снабжен его же баллистическими таблицами. Воспользуемся этим методом применительно к таблицам ГАУ (ТБР), как наиболее распространенным.

Исходными данными для выбора условий заряжания являются калибр d, вес пули q и начальная скорость пули v_0. Для проведения соответствующих расчетов необходимо задаться величиной максимального давления газов P_{max} и длиной канала ствола $L_{кн}$, которая составляет у существующих образцов обычного стрелкового калибра 80—115 калибров и у крупнокалиберных пулеметов 75—100 калибров.

Длина канала ствола имеет следующую связь с условиями заряжания:

$$\frac{L_{кн}}{d} = \frac{l_д}{d} + \frac{l_{км}}{d} = \frac{l_д}{d} + \frac{l_0}{\psi^2 d},$$

где $l_д$ — путь пули в канале ствола;

l_0 — приведенная длина каморы;

ψ — коэффициент бутылочности каморы*.

Учитывая, что

$$\frac{l_0}{d} = \frac{W_0}{n_s d^2 d} = \frac{\omega}{n_s d^3 \Delta} = \frac{1}{n_s} \cdot c_q \cdot \frac{\omega}{q} \cdot \frac{1}{\Delta} \qquad (18)$$

и

$$\frac{l_д}{d} = \frac{\lambda_д l_0}{d},$$

---

* В литературе по баллистике часто бутылочность или уширение каморы обозначается χ, причем $\chi = \psi^2$.

получаем $$\frac{L_{кн}}{d} = \frac{1}{n_s} \cdot c_q \cdot \frac{\omega}{q} \cdot \frac{1}{\Delta}\left(\lambda_д + \frac{1}{\psi^2}\right), \qquad (19)$$

где ω — вес заряда;
Δ — плотность заряжания;
c_q — коэффициент веса пули;
$\lambda_д$ — число объемов расширения;
$n_s = 0{,}82$ — численный коэффициент.

Далее будет показано, что коэффициент бутылочности камоpы (патрона) следует выбирать так:

$$\psi = \sqrt[3]{\frac{l_0}{l_п}},$$

где $l_п$ — длина основной пули.

Для упрощения расчетов при выборе условий заряжания бутылочностью рационально задаваться, учитывая существующий опыт.

У существующих патронов с достаточной точностью ее можно определить как отношение

$$\psi = \frac{d_{ср}}{d_д},$$

где $d_{ср}$ — диаметр гильзы в средней части корпуса;
$d_д$ — диаметр дульца гильзы (патрона).

Можно рекомендовать следующий порядок дальнейших работ.

1) Задаться несколькими значениями Δ, учитывая, что плотность заряжания у стрелкового оружия достаточно высокая (0,7—0,8 $Г/см^3$).

2) Задаться несколькими значениями $\lambda_д$.

3) С входными величинами P_{max}, $\lambda_д$, Δ по таблицам внутренней баллистики, ч. IV (табл. 26) определить значения табличной скорости.

Таблица 26

$v_д = v_{табл}\sqrt{\frac{\omega}{\varphi q}}$ Т.Б.Р. $\Delta = 0{,}80$

$\lambda_д$ \ P_{max}	2400	2600
1,0		
1,5		
— — — — — — — —		
— — — — — — — — —		
— — — — — — — — —		
20		
$\lambda_к$	12,97	
$v_к$	1720	
B	3,294	

4) По значениям табличной скорости

$$v_{\text{табл}} = v_{\text{д}} \sqrt{\frac{\varphi q}{\omega}},$$

учитывая, что

$$\varphi = a + b\frac{\omega}{q},$$

подсчитать значения относительного веса заряда

$$\frac{\omega}{q} = \frac{a}{(v_{\text{табл}}/v_{\text{д}})^2 - b}. \qquad (20)$$

Здесь $a = 1{,}1$; $b = 0{,}28$; $v_{\text{д}} = v_{\text{о}}$.

5) Теперь, пользуясь формулами (18) и (19), следует подсчитать значения длины ствола и построить графики $\frac{L_{\text{кн}}}{d} = f(\Delta)$

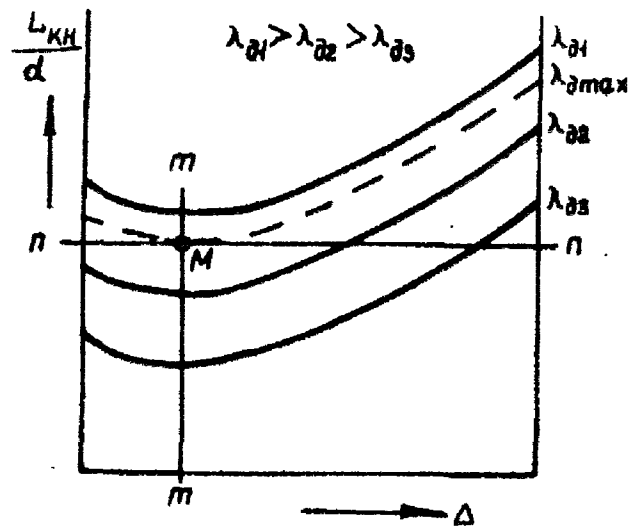

Рис. 43. Зависимость длины канала от плотности заряжания.

при параметре $\lambda_{\text{д}}$ (рис. 43). Как видно из рисунка, кривые имеют минимум. Если теперь провести прямую *nn*, положение которой отвечает заданной велнчине $\frac{L_{\text{кн}}}{d}$, и, произведя графическое интерполирование, провести новую кривую $\frac{L_{\text{кн}}}{d} = f(\Delta)$, так чтобы она касалась прямой *nn*, то эта кривая будет соответствовать наибольшему значению параметра $\lambda_{\text{д}}$.

Точка *M*, отвечающая максимальному значению $\lambda_{\text{д}}$, характерна тем, что ей соответствует наименьший объем каморы заряжания. Вправо от точки *M* располагаются варианты с увеличивающимися объемами каморы и весами заряда, а влево — варианты с большими объемами каморы, но с меньшими зарядами, поскольку здесь меньше и плотности заряжания,

6) Графики на рис. 43 построены независимо от заданной длины ствола. Чтобы установить связь условий заряжания с заданной длиной ствола, эти графики следует перестроить теперь в зависимости от $\lambda_д$ при параметре Δ (рис. 44). Число графиков может быть любым в зависимости от взятого числа значений плотности заряжания. Точки пересечения этих графиков с прямой nn, соответствующей заданному значению $\frac{L_{кн}}{d}$, дают пары значений Δ и $\lambda_д$, отвечающих заданной длине ствола.

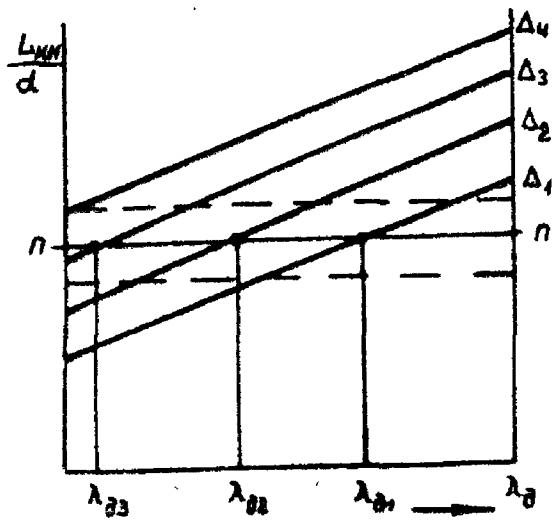

Рис. 44. Зависимость длины канала от числа объемов расширения.

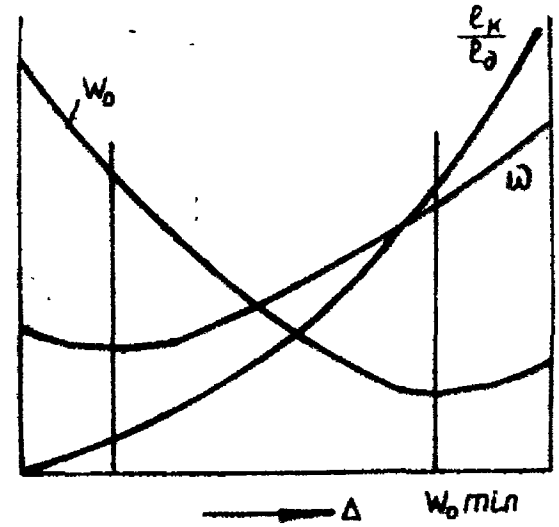

Рис. 45. Зависимость веса заряда, объема каморы и положения конца горения от плотности заряжания.

7) По снятым с графиков (рис. 44) парам значений Δ, $\lambda_д$ надо снова в таблицах найти соответствующие им значения табличной скорости $v_{табл}$ и $\lambda_к$.

8) По этим же значениям Δ и $\lambda_д$, а также по найденным значениям $v_{табл}$, $\lambda_к$ и заданной v_0 можно подсчитать

$$\omega = q \frac{a}{(v_{табл}/v_д)^2 - b},$$

$$W_0 = \frac{\omega}{\Delta},$$

$$\frac{l_к}{l_д} = \frac{\lambda_к}{\lambda_д},$$

где $l_к$ — путь пули в канале к моменту конца горения пороха.

Для наглядности полученные величины ω, W_0, $\frac{l_к}{l_д}$ рекомендуется отложить на графике (рис. 45). Образцы стрелкового оружия и малокалиберных автоматических пушек имеют наиболее подходящие решения, как указывалось, в промежутке

между вариантами с $W_{0\,min}$ и ω_{min}. В этом промежутке с уменьшением объема каморы увеличивается вес заряда и, наоборот, с уменьшением веса заряда увеличивается объем каморы.

При отходе от варианта с $W_{0\,min}$ при медленном возрастании W_0 быстро убывает ω. При отходе от варианта с ω_{min} при медленном возрастании ω быстро убывает W_0.

В связи с этим профессор Вентцель рекомендует останавливаться на том варианте, у которого относительное изменение веса заряда равно по абсолютной величине относительному изменению объема каморы, т. е.

$$\frac{d\omega}{\omega} = -\frac{dW_0}{W_0}.$$

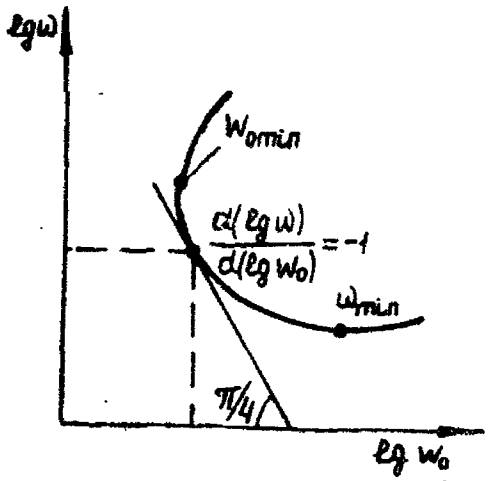

Рис. 46. Зависимость веса заряда от объема каморы.

Это выражение приводится к виду

$$\frac{d(\lg \omega)}{d(\lg W_0)} = -1, \qquad (21)$$

откуда следует, что если построить график $\lg \omega$ в зависимости от $\lg W_0$ (рис. 46), то тангенс угла наклона касательной в интересующей нас точке должен равняться минус единице, а угол наклона $-\frac{\pi}{4}$.

Полученный таким образом вариант может считаться приемлемым, если отношение $\frac{l_к}{l_д}$ не превосходит заданной величины. Обычно оно допускается до 0,6 — 0,7 и ограничивается по следующим соображениям: в таблицах ГАУ значения отношения $l_к$ к $l_д$ вычислены для геометрического закона горения и при допущении одновременного воспламенения и догорания всех пороховых зерен: в действительности эти значения всегда больше. С увеличением отношения $l_к$ к $l_д$ увеличивается разброс начальных скоростей пуль и чувствительность оружия к изменению веса заряда и силы пороха.

Следует заметить, что не рекомендуется выбирать вариант с очень высокой плотностью заряжания. Некоторый запас в объеме каморы необходим на случай ухудшения качества пороха и увеличения в связи с этим веса заряда, а также на случай разработки новых конструкций пуль. С увеличением, например, длины пули потребуется более глубокая посадка ее в дульце гильзы за счет объема каморы.

9) После выбора варианта решения надлежит подобрать порох. Для этого подсчитывается импульс пороховых газов в конце горения

$$I_к = d\frac{c_q}{n_s}\sqrt{\frac{Bf\frac{\omega}{q}\varphi}{g}},$$

где B — параметр заряжания (его значения даются в таблицах);

f — сила пороха, составляющая величину порядка 770000 — 950000 *кГдм/кГ* для пироксилиновых порохов и порядка 900000 — 1200000 — для нитроглицериновых (в таблицах ГАУ принята 950000).

Зная импульс, можно определить необходимую толщину горящего свода пороха

$$2e_1 = 2I_к u_1,$$

где u_1 — скорость горения пороха при нормальном давлении.

Для пироксилиновых порохов скорость горения порядка $0{,}6\cdot10^{-5} - 0{,}9\cdot10^{-5}$, а для нитроглицериновых порохов порядка $0{,}7\cdot10^{-5} - 1{,}5\cdot10^{-5}$ $\frac{дм/сек}{кГ/дм^2}$.

Если не представляется возможности подобрать порох с данным импульсом из существующих порохов, то можно составить смешанный заряд из двух порохов с близкими импульсами, пользуясь соотношением

$$\frac{1}{I_к} = \frac{\omega_1}{\omega}\cdot\frac{1}{I_{к1}} + \frac{\omega_2}{\omega}\cdot\frac{1}{I_{к2}},$$

где ω_1, ω_2 — веса частей заряда смешиваемых порохов;

$I_{к1}$, $I_{к2}$ — импульсы смешиваемых порохов.

Пример. Возьмем вариант с $d = 7{,}62$ *мм*; $q = 9{,}6$ *Г*; $c_q = 21{,}6$ *Г/см³*; $v_0 = 815{,}5$ *м/сек*. Примем, кроме того, $P_{max} = 3000$ *кГ/см²* и $\frac{L_{кн}}{d} = 70$ (длина канала ствола 533 *мм*). Подберем для этого варианта условия заряжания.

1) Задаемся значениями плотности заряжания Δ, равными 0,65; 0,70; 0,75; 0,80 и записываем эти значения в таблицу (табл. 27).

2) Аналогично задаемся значениями $\lambda_д$, равными 5; 5,5; 6; 6,5; 7, заносим их в таблицу.

3) По значениям Δ, $\lambda_д$, P_{max} в таблицах находим значения $v_{табл}$, записав их в табл. 27.

Таблица 27

$$v_{\text{табл}} = v_{\text{д}} \sqrt{\frac{\varphi q}{\omega}}$$

Δ \ $\lambda_{\text{д}}$	5	5,5	6	6,5	7
0,65	1654	1689	1720	1747	1772
0,70	1612	1648	1680	1709	1736
0,75	1576	1612	1645	1675	1703
0,80	1521	1561	1597	1629	1657

4) По данным табл. 27, пользуясь выражением (20), подсчитаем значения относительного веса заряда, приняв $a=1{,}1$ и $b=0{,}28$. Вычисления можно производить по этапам (табл. 28, 29, 30) с помощью 25-сантиметровой логарифмической линейки.

Таблица 28

$$\left(\frac{v_{\text{табл}}}{v_0}\right)^2 = \left(\frac{v_{\text{табл}}}{815{,}5}\right)^2$$

Δ \ $\lambda_{\text{д}}$	5	5,5	6	6,5	7
0,65	4,12	4,30	4,45	4,60	4,71
0,70	3,90	4,10	4,25	4,42	4,53
0,75	3,75	3,90	4,08	4,24	4,37
0,80	3,44	3,66	3,84	4,00	4,13

Таблица 29

$$\left(\frac{v_{\text{табл}}}{v_0}\right)^2 - 0{,}28$$

Δ \ $\lambda_{\text{д}}$	5	5,5	6	6,5	7
0,65	3,84	4,02	4,17	4,32	4,43
0,70	3,62	3,82	3,97	4,14	4,25
0,75	3,47	3,62	3,80	3,96	4,09
0,80	3,16	3,38	3,56	3,72	3,85

Таблица 30

$$\frac{\omega}{q} = \frac{a}{(v_{табл}/v_0)^2 - b}$$

Δ \ $\lambda_д$	5	5,5	6	6,5	7
0,65	0,287	0,274	0,264	0,255	0,248
0,70	0,304	0,288	0,277	0,266	0,259
0,75	0,317	0,304	0,290	0,278	0,269
0,80	0,349	0,325	0,309	0,296	0,286

5) Пользуясь выражением (18) и данными табл. 30, подсчитаем значения

$$\frac{l_0}{d} = \frac{1}{n_s} c_q \frac{\omega}{q} \frac{1}{\Delta} = \frac{21,6}{0,82} \cdot \frac{\omega}{q} \cdot \frac{1}{\Delta} = 40,6 \frac{\omega}{q} \frac{1}{\Delta}$$ (табл. 31).

Таблица 31

$$\frac{l_0}{d}$$

Δ \ $\lambda_д$	5	5,5	6	6,5	7
0,65	11,65	11,15	10,73	10,35	10,10
0,70	11,50	10,85	10,45	10,05	9,75
0,75	11,15	10,70	10,20	9,80	9,45
0,80	11,50	10,70	10,20	9,75	9,42

6) Зададимся $\psi = 1,2$ и, воспользовавшись данными табл. 31, подсчитаем значения $\frac{L_{кн}}{d}$ (табл. 32).

Таблица 32

$$\frac{L_{кн}}{d} = \frac{l_0}{d}\left(\lambda_д + \frac{1}{\psi^2}\right)$$

Δ \ $\lambda_д$	5	5,5	6	6,5	7
0,65	66,3	69,0	71,7	74,5	77,5
0,70	65,5	67,2	70,0	72,3	75,0
0,75	63,5	66,3	68,2	70,5	72,6
0,80	65,5	66,3	68,2	70,0	72,4

По данным табл. 32 строим графики (рис. 47), проведя плавные кривые.

7) Теперь снова задаемся значениями Δ (в данном случае возьмем те же значения, что брали и ранее), определим для них по графикам значения $\frac{L_{кн}}{d}$ при каждом $\lambda_д$ и построим другие графики, показанные на рис. 48.

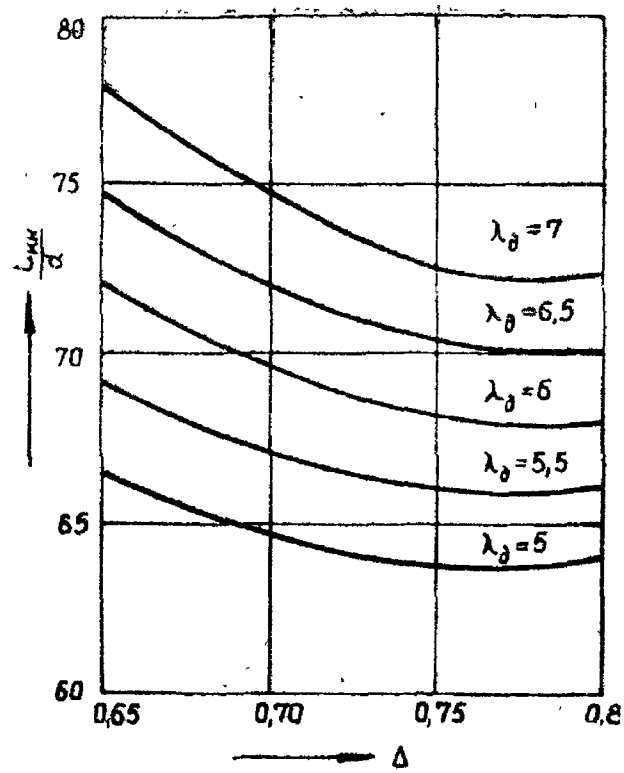

Рис. 47. Зависимость длины канала от плотности заряжания.

В нашем примере зависимости $\frac{L_{кн}}{d} = f(\lambda_д)$ для плотностей заряжания 0,75 и 0,85 совпали и изображены одной линией (на рисунке — нижняя линия).

8) Находим точки пересечения графиков рис. 48 с горизонтальной прямой, соответствующей заданному значению $\frac{L_{кн}}{d} = 70$. Этим точкам соответствуют следующие значения Δ и $\lambda_д$:

Δ	0,65	0,70	0,75	0,8
$\lambda_д$	5,64	6,08	6,46	6,46

9) По этим значениям Δ и $\lambda_д$ в таблицах (ТБР) снова находим значения $v_{табл}$, которые соответствуют уже заданной длине ствола (табл. 33).

По $\lambda_д$ приходится производить интерполирование. Заодно выписываем из таблиц и значения $\lambda_к$.

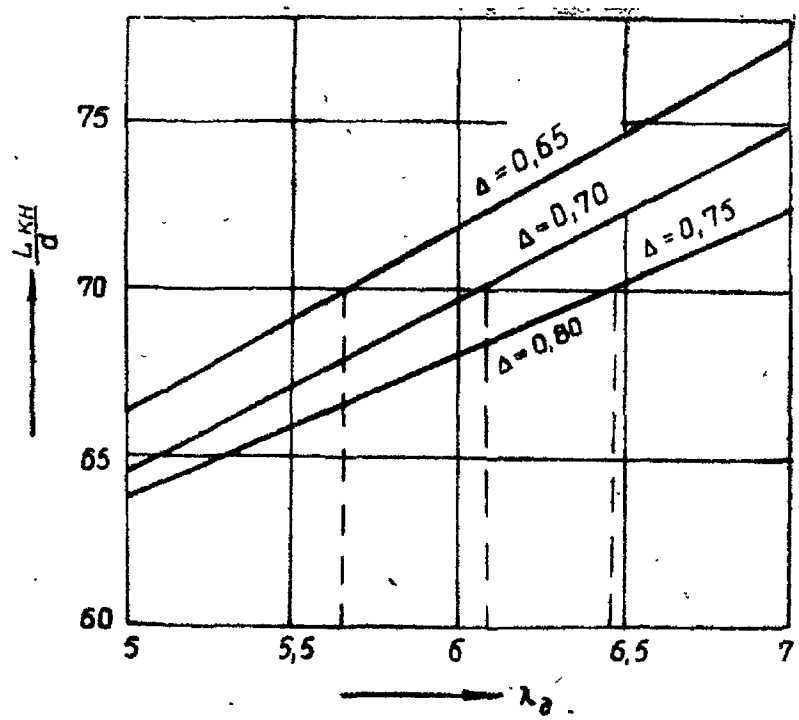

Рис. 48. Зависимость длины канала от числа объемов расширения.

Таблица 33

$v_{табл}$, $\lambda_к$

Δ	$\lambda_д$	$v_{табл}$	$\lambda_к$
0,65	5,5 5,64 6,0	1689 1698 1720	1,995
0,70	6,0 6,08 6,5	1689 1694 1718	2,616
0,75	6,0 6,46 6,5	1645 1673 1673	3,575
0,80	6,0 6,46 6,5	1597 1626 1629	5,159

10) Пользуясь данными табл. 33, определяем значения веса заряда

$$\omega = q\frac{a}{\left(\frac{v_{табл}}{v_0}\right)^2 - b},$$

объема каморы заряжания $W_0 = \frac{\omega}{\Delta}$ и относительного положения конца горения

$$\frac{l_к}{l_д} = \frac{\lambda_к}{\lambda_д}.$$

Таблица 34

Δ	ω	W_0	$\frac{l_к}{l_д}$
0,65	2,62	4,03	0,365
0,70	2,62	3,74	0,430
0,75	2,70	3,60	0,545
0,80	2,84	3,56	0,800

Полученные данные сведены в табл. 34 и показаны графиками на рис. 49, из которого видно, что наиболее подходящим вариантом является вариант с плотностью заряжания

$$\Delta = 0{,}75\ г/см^3.$$

Он близок к варианту с минимальным объемом каморы, соответствует небольшому весу заряда, гарантирует полное сгорание

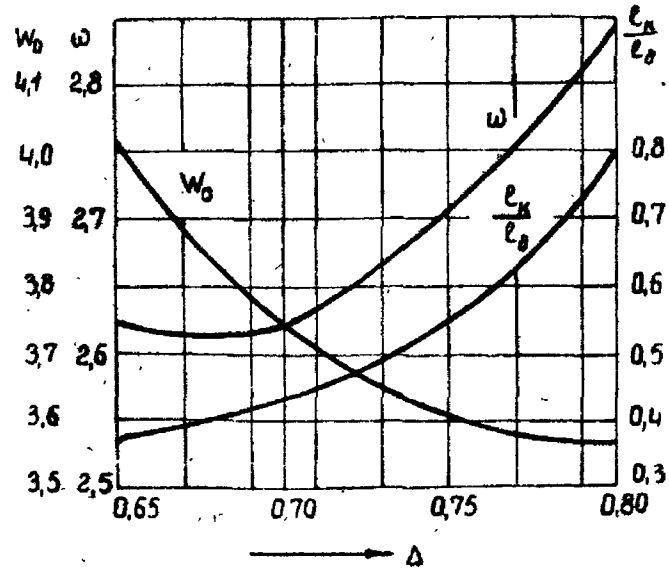

Рис. 49. Зависимость веса заряда, объема каморы и положения конца горения от плотности заряжания.

порохового заряда. Плотность заряжания сравнительно небольшая и обеспечивает возможности как увеличения веса заряда, так и конструирования других типов пуль.

Если возникает необходимость проследить изменение условий заряжания с изменением длины ствола, то нет необходимости все расчеты производить сначала. Для этого достаточно на рис. 44 или 48 провести горизонтальную прямую nn, соответствующую другой длине канала ствола, и построить для нее новые графики зависимости

$$\omega,\ W_0,\ l_к/l_д \text{ от } \Delta.$$

Аналогичным образом производятся расчеты при баллистическом проектировании с помощью таблиц профессора Вентцеля (табл. 35). Входными величинами в эти таблицы являются P_{max}, Δ и φr (к. п. д.), а содержанием таблиц — отношение $\lambda_д/\Delta$. Таблицы составлены для порохов с различной силой ($f=9\cdot10^5$; $9{,}5\cdot10^5$; и $10\cdot10^5$ $\frac{кГдм}{кГ}$) и формой (коэффициент формы $\chi=1{,}00$ и $1{,}10$).

Таблица 35

P_{max} = 3200. Порох III_2

Δ \ φr	0,200	0,225		0,400
0,50	3,17	3,77		13,0
0,55	3,09	3,65		12,3
—	—	—		—
0,80	—	—		13,1

Ход расчета по таблицам профессора Вентцеля совершенно аналогичен изложенному выше. Разница заключается лишь в том, что вместо величины $\lambda_д$ надо задаваться величиной к. п. д.

$$\varphi r = \varphi \frac{E_д}{\omega} \cdot \frac{\theta}{f},$$

где $\theta = K - 1$;

K — показатель адиабаты пороховых газов.

Эти таблицы, составленные в отличие от таблиц ГАУ для порохов различной силы и формы, значительно расширяют возможности баллистического проектирования образцов стрелкового оружия и малокалиберных автоматических пушек.

В ряде случаев при баллистическом проектировании могут быть полезными поправочные формулы профессора В. Е. Слухоцкого [11]. Эти формулы позволяют определить изменение макси-

мального давления газов и начальной скорости пули в зависимости от изменения различных параметров и имеют следующий вид:

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = m_x \frac{\Delta x}{x}$$

и

$$\frac{\Delta v_д}{v_д} = l_x \frac{\Delta x}{x},$$

где x — изменяющийся параметр (вес заряда, вес пули, объем каморы, сила пороха, импульс пороховых газов);

m_x, l_x — поправочные коэффициенты.

Для поправочных коэффициентов составлены таблицы, которые в сокращенном виде приводятся в приложении 1. Значения коэффициентов для плотности заряжания 0,9 получены экстраполированием таблиц профессора Слухоцкого.

Изменяя какой-нибудь параметр или несколько параметров, можно проследить изменение максимального давления газов и начальной скорости пули. Поправочные формулы и таблицы поправочных коэффициентов к ним позволяют также оценить разброс P_{max} и $v_д$ в зависимости от точности, с которой выдерживаются различные параметры производством.

§ 9. ДАВЛЕНИЕ ПОРОХОВЫХ ГАЗОВ

Для решения целого ряда задач, возникающих при проектировании и исследовании стрелкового автоматического оружия и патронов, необходимо знать не только максимальное давление пороховых газов в канале ствола P_{max}, но и весь процесс изменения давления в зависимости от пути пули в стволе $P(x)$ или от времени $P(t)$. При этом различают баллистическое (крешерное) давление, значения которого аналитически связаны с элементами движения пули (снаряда) по каналу ствола и приводятся в таблицах внутренней баллистики, и действительное давление, реально действующее на детали оружия и патрона при выстреле. Баллистическим давлением пользуются при выборе баллистического решения, а действительным — во всех других случаях (расчет элементов движения автоматики, прочности стволов и боеприпасов, прочности и экстракции гильз и т. п.).

В различных точках заснарядного (запульного) пространства величины действительного давления в каждый момент времени различны: наибольшие у дна каморы и наименьшие у дна снаряда (пули).

Соотношения величин баллистического (крешерного) и действительного давления, а также соотношения между давле-

нием на дно каморы и дно снаряда (пули) у стрелкового оружия изучены недостаточно, поэтому во всех расчетах обычно пользуются значениями баллистического (крешерного) давления, какие приводятся в таблицах ГАУ. Если при этом сила пороха f отличается от принятой в таблицах ГАУ ($950000 \frac{кГдм}{кГ}$), то в величины давления вводится поправка по формуле

$$P = \frac{f}{950000} P_{табл}.$$

Характер изменения давления пороховых газов в канале ствола меняется в зависимости от исходной температуры заряда. С повышением температуры заряда повышается максимальное давление газов и понижается дульное давление, а с понижением температуры заряда, наоборот, понижается максимальное давление и повышается дульное. Учитывая это, для расчета стволов артиллерийских орудий, например, строят кривые давления пороховых газов при температурах заряда +15°, +40° и —40°С, а затем строят их огибающую, которую и принимают за расчетную кривую давления пороховых газов.

У стрелкового оружия и малокалиберных автоматических пушек повышение дульного давления при температуре заряда—40°С незначительно и не имеет практического значения при обеспечении прочности стволов, запас прочности которых в дульной части обычно достаточно велик. Поэтому все вычислительные работы можно сократить и строить только одну кривую давления пороховых газов при температуре заряда +40°С. Эта кривая отвечает наиболее неблагоприятному случаю как с точки зрения прочности деталей оружия и патрона при выстреле, так и с точки зрения надежности работы автоматики.

Учет температуры заряда сводится к вычислению поправки на максимальное давление газов

$$\Delta P_{max} = m_t P_{max} \Delta t,$$

где m_t — поправочный коэффициент;

$\Delta t = 40 - 15 = 25°С$ — изменение температуры заряда.

Значения поправочного коэффициента, полученные на основе таблиц поправочных коэффициентов профессора Слухоцкого, приводятся в табл. 36.

Взяв теперь новое максимальное давление

$$P'_{max} = P_{max} + \Delta P_{max}$$

и пользуясь таблицами внутренней баллистики ГАУ, ч. 1 (табл. 37), можно построить кривую давления газов в зависимости от пути пули в канале ствола $P(x)$.

Таблица 36

Значения поправочного коэффициента m_t

P_{max} \ Δ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
2000	0,0040	0,0038	0,0036	0,0034	0,0031
2500	0,0040	0,0039	0,0038	0,0036	0,0034
3000	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0036
3500	0,0039	0,0041	0,0040	0,0039	0,0037
4000	0,0037	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038
4500	0,0034	0,0038	0,0040	0,0040	0,0039

Таблица 37

Структура таблиц ГАУ

Давления Δ=0,80

λ \ B	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	— — —	3,0
0,1	2218	2143	2073	2009	1949		1705
0,2	3031	2913	2804	2701	2607		2220
— — —	— — —	— —	— —	— —	— —	— — — — — — —	— —
— — —	— — —	— —	— —	— —	— —	— — — — — — —	— —
1,0							
1,5							
— — —	— — —	— —	— —	— —	— —	— — — — — — —	— —
— — —	— — —	— —	— —	— —	— —	— — — — — — —	— —
8							
9							
— — —	— — —	— —	— —	— —	— —	— — — — — — —	— —
— — —	— — —	— —	— —	— —	— —	— — — — — — —	— —
19							
20							
$\lambda_к$							
$P_к$							
λ_m							
P_{max}	3755	3581	3425	3283	3152		2625
λ / B	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5		3,0

Для заданной плотности заряжания Δ, пользуясь соответствующей таблицей и производя интерполирование на заданное P_{max}, находится параметр заряжания B (параметр Дроздова). Производя теперь интерполирование на полученное значение параметра B при различных значениях числа объемов расширения λ и учитывая, что $x = \lambda l_0$, получим искомую зависимость $P(x)$.

Пример.

Дано: $d = 14{,}5$ *мм* — калибр оружия;

$q = 60$ *Г* — вес пули;

$\omega = 30$ *Г* — вес заряда;

$\Delta = 0{,}8$ *Г/см*^{3} — плотность заряжания;

$P_{max} = 2990$ *кГ/см*^{2} — максимальное давление газов при температуре заряда t=15°С.

Требуется построить кривую давления пороховых газов в зависимости от пути пули в канале ствола $P(x)$ для температуры заряда $t = 40$°С.

1) По заданному давлению газов $P_{max} = 2990$ *кГ см*^{2} и плотности заряжания $\Delta = 0{,}8$ *Г/см*^{3} в табл. 36 находим значение поправочного коэффициента $m_t = 0{,}0038$.

2) Определяем поправку на максимальное давление газов

$$\Delta P_{max} = m_t P_{max} \Delta t = 0{,}0038 \cdot 2990 \cdot 25 \approx 283 \text{ кГ/см}^2.$$

3) Максимальное давление газов при температуре заряда $+40$°С

$$P'_{max} = P_{max} + \Delta P_{max} = 2990 + 283 = 3273 \text{ кГ/см}^2.$$

4) Из таблицы ГАУ, ч. 1, соответствующей плотности заряжания $\Delta = 0{,}8$ *Г/см*^{3}, выписываем значения P_{max}, между которыми находится значение $P'_{max} = 3273$ *кГ/см*^{2}, и соответствующие им значения B; путем интерполирования находим $B = 2{,}408$.

P_{max}	3283	3273	3152
B	2,4	2,408	2,5

5) Заготовляем форму расчета (табл. 38) и заносим в нее (столбцы 1, 3, 5) соответствующие величины λ и P из таблицы.

6) Путем интерполирования находим все значения давления, соответствующие всем значениям λ и $B = 2{,}408$ (4-й столбец формы расчета).

7) Учитывая, что объем каморы заряжания

$$W_0 = \frac{\omega}{\Delta} = \frac{30}{0{,}8} = 37{,}5 \ см^3$$

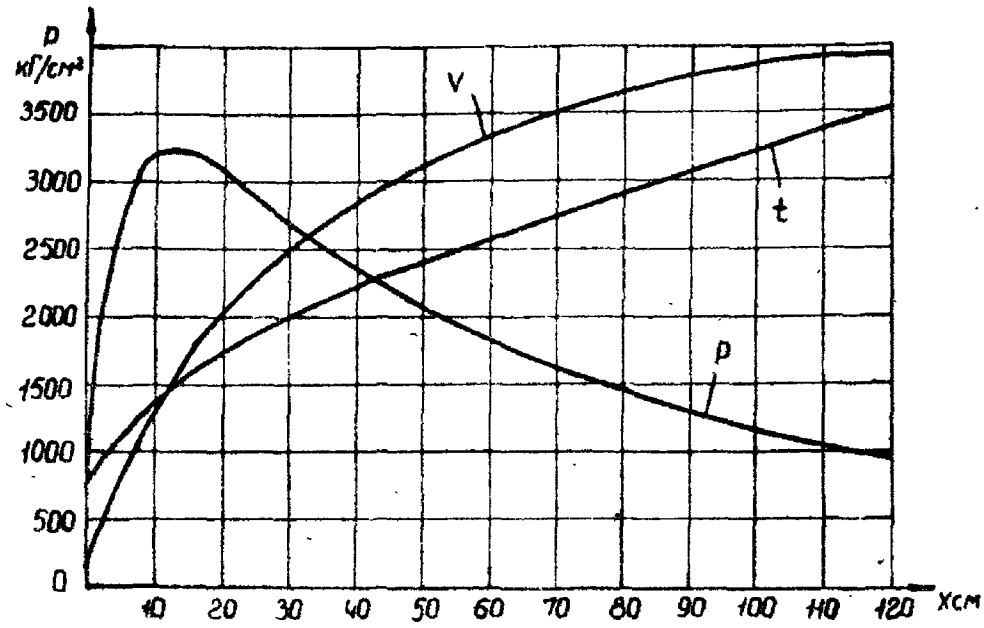

Рис. 50. Кривые давления газов, скорости и времени движения пули в зависимости от пути пули в канале.

и приведенная длина каморы

$$l_0 = \frac{W_0}{n_s d^2} = \frac{37{,}5}{0{,}82 \cdot 1{,}45^2} = 21{,}8 \ см,$$

определяем значения пути пули x, соответствующие заданным значениям числа объемов расширения λ,

$$x = \lambda l_0$$

и заполняем 2-й столбец формы расчета.

Теперь имеются все данные для построения кривой $P(x)$ (рис. 50).

Иногда требуется иметь зависимость давления от времени $P(t)$, а также зависимость скорости пули от пути $v(x)$ или от времени $v(t)$. Предвидя эти потребности, можно аналогичным способом, пользуясь таблицами ГАУ, ч. II и ч. III, получить величины времени и скорости пули. Полученные данные для разобранного выше примера приводятся также на рис. 50.

Таблица 38

Давления пороховых газов
(форма расчета)

λ	x (см)	B			ΔP	$\beta\Delta P$
		2,4	2,408	2,5		
1	2	3	4	5	6	7
0,1	2,18	2009	2004	1949	60	5
0,2	4,36	2701	2694	2607	94	7
0,3	6,54	3050	3041	2934	116	9
0,4	8,72	3222	3212	3097	125	10
0,5	10,9	3281	3270	3149	132	11
0,546	11,9		3273			
0,6	13,1	3275	3264	3141	134	11
0,7	15,2	3235	3225	3105	130	10
0,8	17,4	3163	3153	3033	130	10
0,9	19,6	3080	3070	2953	127	10
1,0	21,8	2990	2980	2866	124	10
1,5	32,8	2574	2566	2468	106	8
2,0	43,6	2223	2216	2134	89	7
2,5	54,5	1955	1949	1878	77	6
3,0	65,4	1735	1729	1666	69	6
3,5	76,3	1557	1552	1496	61	5
4,0	87,2	1380	1378	1352	28	2
4,5	98,0	1208	1209	1223	—15	—1
5,0	109	1072	1073	1085	—13	—1
5,5	120	960	961	972	—12	—1

ГЛАВА III

ПАТРОНЫ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 10. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПАТРОНОВ

Для стрельбы из современного стрелкового оружия применяются исключительно унитарные патроны, у которых пуля, пороховой заряд и капсюль-воспламенитель соединены в одно целое с помощью гильзы.

В зависимости от назначения патроны стрелкового оружия делятся на боевые и вспомогательные.

Боевые патроны назначаются для поражения живой силы или боевой техники противника. В зависимости от видов оружия они делятся на следующие виды:

— пистолетные патроны, применяемые для стрельбы из пистолетов и пистолетов-пулеметов*;

— автоматные патроны, применяемые для стрельбы из автоматов**;

— винтовочные патроны, применяемые для стрельбы из винтовок (карабинов), ручных и станковых пулеметов;

— крупнокалиберные патроны, применяемые для стрельбы из крупнокалиберных пулеметов.

Вспомогательные патроны назначаются для различных вспомогательных целей, не имеющих прямого отношения к поражению живой силы и боевой техники противника. К ним относятся малокалиберные (спортивные), тировые, холостые, учебные, контрольные (проверочные), усиленные, эталонные (образцовые), смазывающие и другие патроны.

Пистолетные патроны (рис. 51) имеют, за небольшим исключением, цилиндрическую форму и невыступающую за боковую поверхность гильзы закраину, образованную кольцевой проточкой.

---

* К этой группе относятся также револьверные патроны.

** Иногда они применяются также для стрельбы из легких карабинов и ручных пулеметов.

Бутылочная форма принята лишь у небольшого числа сравнительно мощных пистолетных патронов небольшого калибра (обр. 1930 г. — 7,62 *мм*, Маузер — 7,63 *мм*, Люгера — 7,65 *мм*, Намбу — 7 и 8 *мм*). Фиксация патрона в патроннике осуществляется срезом дульца цилиндрической гильзы или скатом бутылочной гильзы.

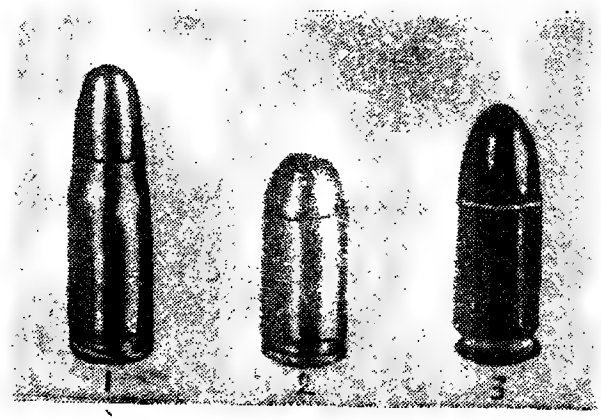

Рис. 51. Пистолетные патроны:
1—к пистолету ТТ (7,62 *мм*); 2—к пистолету Макарова (9 *мм*); 3—Люгера (9 *мм*).

Характеристики некоторых пистолетных патронов приводятся в табл. 39, где, кроме ранее принятых обозначений, L — длина патрона и Q — вес патрона.

Таблица 39

Основные данные пистолетных патронов

Наименование патрона	d (*мм*)	L (*мм*)	Q (*Г*)	q (*Г*)	ω (*Г*)	W_0 ($см^3$)	P_{max} ($кГ/см^2$)	v_0 (*м/сек*)	E_0 (*кГм*)
Обр. 1930 г.	7,62	34,8	10,6	5,6	0,50	0,93	2100	420	50
9-*мм* (ПМ)	9,0	25,0	10,0	6,1	≈0,25	0,56	1200	—	—
Люгера	7,65	29,8	10,6	6,0	0,33	0,70		350	38
Намбу	8,0	32,0	11,6	6,6	0,26	0,70		320	34,5
Бриксиа	8,85		12,2	8,0	0,30			300	37
Браунинг	9,0	28,0	11,3	7,2	0,35	0,50		330	40
Люгера	9,0	29,6	12,5	8,0	0,36	0,55	2200	340	47
Люгера	9,0	29,6	10,5	6,4	0,39	0,53		400	52
Веблея	9,0			7,2	0,26			326	39
Кольта	11,43	31,9	19,1	12,9	0,35	1,0	990	260	44,5
Кольта	11,43	31,9	21,4	14,9		1,0	990	250	48
Веблея	11,56	31,0	21,0	14,3	0,45	1,3			

Калибр существующих пистолетов находится в широких пределах, однако большинство военных пистолетов имеет калибр 9 *мм*, как обеспечивающий достаточное убойное (останавливающее) действие пули при небольшом весе оружия. Длина писто-

летных патронов обычно находится в пределах 30—32 *мм* или очень мало отклоняется от этих пределов.

Вес патронов в большинстве случаев укладывается в пределы 10,5—12,5 *Г*, за исключением патронов калибра больше 11 *мм* и некоторых сравнительно маломощных патронов калибра меньше 9 *мм*. Веса пуль находятся в широких пределах в зависимости от калибра, однако их поперечная нагрузка редко выходит из пределов 9,5—12,5 *Г/см²*.

Максимальное давление пороховых газов обычно не превосходит 2200 *кГ/см²*. Небольшое давление газов и короткая гильза позволяют использовать пистолетные патроны для стрельбы из оружия с отдачей свободного затвора. Этот принцип и получил широкое применение в пистолетах, особенно в пистолетах-пулеметах.

Автоматные патроны появились как результат попыток увеличить дальность действительного огня пистолетов-пулеметов, получивших признание во всех армиях вследствие способности их создавать высокую плотность огня. Задача увеличения дальности действительного огня пистолетов-пулеметов могла быть успешно решена только на базе нового патрона, более мощного, в сравнении с пистолетным патроном. Основные данные таких патронов приведены в табл. 40.

Таблица 40

Основные данные автоматных патронов

Наименование патрона	d (*мм*)	L (*мм*)	Q (*Г*)	q (*Г*)	ω (*Г*)	W_0 (*см³*)	P_{max} (*кГ/см²*)	v_0 (*м/сек*)	E_0 (*кГм*)
Венгерский	9,0	35,5	13,4	8,25	0,45	0,95	2200	450	85
Американский	7,62	42,5	12,9	7,13	0,93	1,0	2800	600	131
Германский	7,92	47,8	16,8	8,13	1,57	2,0	2700	690	197
Отечественный	7,62	56,0	16,2	7,9	1,67	2,18	2800	710	203

Венгерский патрон, применявшийся во вторую мировую войну для стрельбы из автоматов 39М и 43М, и американский патрон к автомату М2 получены путем увеличения мощности пистолетных патронов за счет увеличения веса заряда и объема гильзы, которая, как и у пистолетных патронов, имеет цилиндрическую форму. Германский патрон к автомату МР-43 получен из винтовочного патрона путем укорочения существующей винтовочной гильзы. При длине ствола 437 *мм* у американского и 394 *мм* у германского автоматов дальности прямого выстрела по грудной мишени получаются соответственно 236 и 300 *м*.

В отличие от пистолетных патронов автоматные патроны имеют большой ассортимент пуль различного действия (трассирующие, зажигательные, зажигательно-трассирующие, бронебойно-зажигательные и т. п.).

На рис. 52 показаны два автоматных патрона.

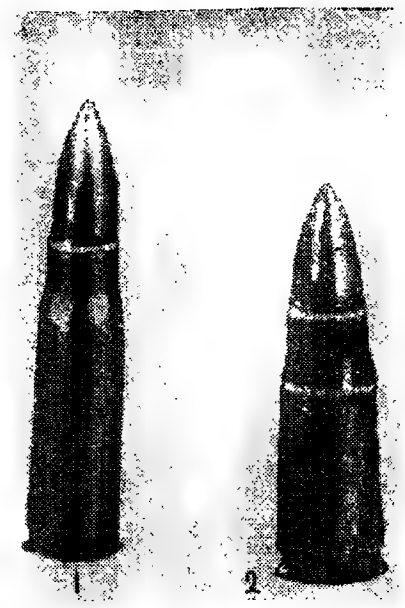

Рис. 52. Автоматные патроны:
1—7,62-*мм* отечественный;
2—7.92-*мм* германский.

Винтовочные патроны (табл. 41) имеют исключительно бутылочную форму и существенно превосходят автоматные патроны по мощности.

Длина существующих винтовочных патронов калибра 6,5—8 *мм* большей частью лежит в пределах 75—80 *мм*, а вес — в пределах 23—28 *Г*. Большой длиной отличаются американский и датский винтовочные патроны, а большим весом — французский и итальянский патроны, имеющие калибр 8 *мм*.

Вес пули, в зависимости от калибра, находится обычно в пределах 9 — 13 *Г*, а вес заряда — в пределах 2,2 — 3,2 *Г*. При небольшом объеме каморы (3 — 4 $см^3$) винтовочные патроны имеют большие плотности заряжания (0,8 — 0,9 $Г/см^3$). Максимальное давление пороховых газов обычно находится в пределах 2700 — 3200 $кГ/см^2$. Величины начальной скорости пули составляют при этом 700 — 870 *м/сек*.

Таблица 41

Основные данные винтовочных патронов

Наименование патрона	d (*мм*)	L (*мм*)	Q (*Г*)	q (*Г*)	ω (*Г*)	W_0 ($см^3$)	P_{max} ($кГ/см^2$)	v_0 (*м/сек*)
Японский	6,5	76,0	21,1	9	2,14	2,83	3320	750
Итальянский	6,5	76,2	20,6	8	2,28		2700	745
Испанский	7,0	77,5	24,4	10,0	3,0		3000	860
Югославский	7,0	76,0	24,2	11,2	2,45		3200	745
Бразильский	7,0	73,0	23,0	9,0	2,65			860
Швейцарский	7,5	77,5	26,2	11,3	3,2		3300	825
Французский	7,5	75,5	23,5	9,0	2,85	3,62	2700	820
Отечественный	7,62	77,2	23,2	9,6	3,2	3,8	3050	865
Американский	7,62	86,0	27,7	11,6	3,62	3,93	3070	824
НАТО	7,62	72,0	23,8	9,3	3,0	—	—	—
Финский	7,62	75,5	26,7	13,0	2,88	3,5	2710	716
Английский	7,71	77,3	25,2	11,3	2,37	2,85	3020	745
Японский	7,71	79,7	25,8	10,5	3,02	3,7	2700	788
Германский	7,92	80,5	24,1	10,0	3,15	3,7	2820	877
Французский	8,0	75,0	28,7	12,9	3,0	3,7	2750	690
Датский	8,0	86,0	29,3	12,7	3,24		2500	770
Итальянский	8,0	80,5	30,2	13,3	3,0	3,4		

Винтовочные патроны имеют гильзы с выступающей за боковую поверхность закраиной и с невыступающей, в зависимости от чего по-разному фиксируется патрон в патроннике. Предпочтение отдается патронам с невыступающей закраиной гильзы, как лучше отвечающим требованиям проектирования механизмов автоматического оружия.

На рис. 53 показаны винтовочные патроны с выступающей и невыступающей закраиной.

Крупнокалиберные патроны, применяемые для стрельбы из крупнокалиберных пулеметов, отличаются более высокой мощностью в сравнении с рассмотренными патронами (табл. 42).

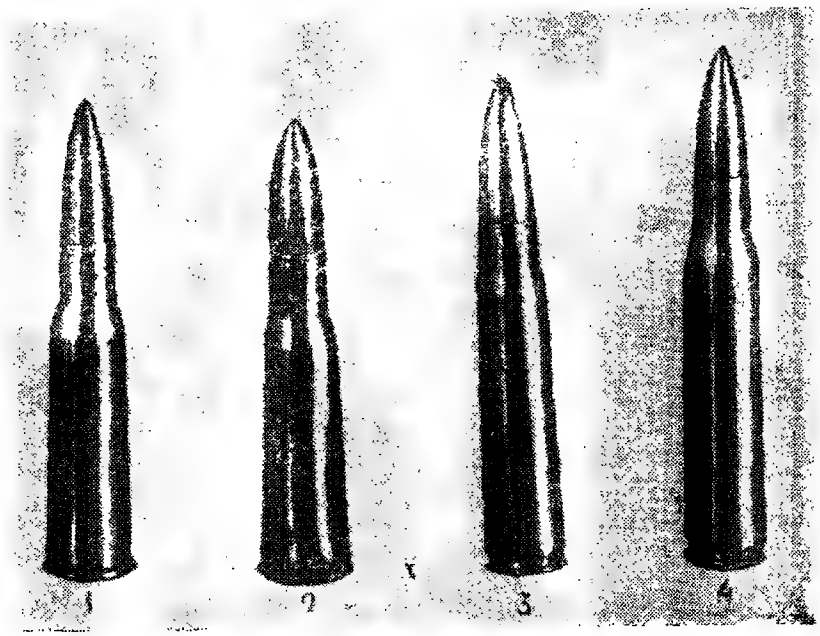

Рис. 53. Винтовочные патроны:
1—7,62-*мм* отечественный; 2—7,71-*мм* английский; 3—7,92-*мм* германский; 4—7,62-*мм* американский.

Таблица 42

Основные данные крупнокалиберных патронов

Наименование патрона	d (*мм*)	L (*мм*)	Q (*Г*)	q (*Г*)	ω (*Г*)	W_0 (*см*³)	P_{max} (*кГ/см*²)	v_0 (*м/сек*)
Английский	12,7	107	82	37	8,4	12,2		765
Американский	12,7	138	116	48	14,2	16,6		806
Французский	13,2	136	120	52	16,2			800
Отечественный	12,7	149	135	52	16,5	20,4	3200	860
Отечественный	14,5	156	202	65	30	36	3500	1000

Они имеют бутылочной формы гильзу с невыступающей закраиной. Исключение составляет английский патрон к пулемету Виккерса, имеющий гильзу с частично выступающей закраиной.

Величины калибра крупнокалиберных патронов находятся в пределах 12,7—14,5 *мм*. Более крупный калибр имеют патроны более поздних выпусков.

Сравнительно большой калибр, применение пуль специального действия и высокая начальная скорость пули позволяют вести эффективную стрельбу из крупнокалиберных пулеметов как по наземным, так и по современным низколетящим зенитным целям.

На рис. 54 показан внешний вид крупнокалиберных патронов.

Рис. 54. Крупнокалиберные патроны: 12,7- и 14,5-*мм* (отечественные).

§ 11. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПУЛЯХ И ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Названия „пуля" и „снаряд" сложились исторически. Снаряд всегда имел снаряжение — взрывчатое, зажигательное или какое-либо другое вещество. В отличие от снарядов пуля была сплошной, без снаряжения. Кроме того, снаряды и пули резко различались калибрами, так как пули применялись в стрелковом оружии, а снаряды — в артиллерийских системах.

Между ними была большая разница в калибрах. К настоящему времени содержание этих понятий изменилось, так как различными веществами снаряжаются как снаряды, так и пули. Калибр также не является уже признаком, по которому можно отличить пулю от снаряда.

В настоящее время пулю и снаряд различают по способу их врезания в нарезы ствола: снаряд врезается в нарезы ведущим пояском, а пуля — непосредственно своим корпусом (оболочкой).

Все современные пули делятся на обыкновенные и специальные.

Обыкновенные пули отличаются простотой устройства и предназначены для поражения живой силы противника. По конструкции они разделяются на оболочечные, имеющие мягкий (свинцовый) сердечник и оболочку из более прочного материала, и безоболочечные, или сплошные пули. Иногда в оболочечные пули внутрь свинцового сердечника помещают стальной сердечник, наличие которого позволяет увеличить пробивное действие пули (такая пуля меньше склонна к деформированию) и уменьшить расход свинца.

Обыкновенные пули применяются в пистолетных, автоматных и винтовочных патронах нормального стрелкового калибра.

Специальные пули характеризуются наличием специального действия, связанного с большей сложностью устройства, и предназначены для стрельбы преимущественно по боевой технике противника. Они бывают:

— одного специального действия (бронебойные, трассирующие, зажигательные, разрывные или пристрелочные и т. д.);

— двойного действия (бронебойно-трассирующие, бронебойно-зажигательные, зажигательно-разрывные и т. п.);

— тройного действия (например, бронебойно-зажигательно-трассирующая пуля).

Специальные пули применяются во всех патронах стрелкового оружия, даже не исключая пистолетные патроны, если они применяются для стрельбы из пистолетов-пулеметов.

При большой номенклатуре пуль им приходится присваивать специальные сокращенные обозначения и отличительные признаки.

Отечественным пулям присваиваются следующие обозначения:

П — пистолетная;

Л — обыкновенная легкая (винтовочная);

ПС — обыкновенная со стальным сердечником;

Т-30, Т-44, Т-45, Т-46 — трассирующие;

Б-32, БЗ — бронебойно-зажигательные;

БЗТ — бронебойно-зажигательно-трассирующая;

ПЗ — пристрелочно-зажигательная;

З — зажигательная и т. п.

Что касается отличия патронов с пулями различного назначения по внешнему виду, то для этого применяется окраска различных элементов патрона.

В Советской Армии принята окраска головной части (вершины) пули как наиболее простая в технологическом отношении. Например, бронебойно-зажигательная пуля окрашивается в черный и красный цвета, трассирующая — в зеленый, бронебойно-зажигательно-трассирующая — в фиолетовый и красный, зажигательная (пристрелочно-зажигательная) — в красный и т. п. Обыкновенные пули обычно не имеют отличительной окраски. Не окрашиваются также пули, резко выделяющиеся своей формой, например 12,7-*мм* пуля МДЗ (зажигательно-разрывная мгновенного действия).

Подобный принцип разной окраски патронов с пулями различного назначения принят и в ряде иностранных армий. Иногда встречается окраска капсюля патрона и места соединения пули с дульцем гильзы. В данном случае окраска используется не только как отличительный признак патронов с различными пулями, но и как способ обеспечения герметичности патронов. Этот способ окраски менее удобен в технологическом отношении.

Необходимыми данными для проектирования пули являются калибр оружия, вес пули, начальная скорость ее и максимальное давление пороховых газов. При этом предполагается, что число, форма и размеры нарезов ствола заданы.

Проектирование пули включает в себя:

— назначение формы и наружных размеров пули;

— обеспечение сопряжения траектории проектируемой пули с траекторией основной штатной пули или с траекториями других пуль, предусмотренных к данному патрону;

— отработку внутреннего устройства пули и выбор материалов для всех ее элементов;

— расчет динамических характеристик и обеспечение устойчивости пули в полете;

— уточнение действия пули по целям и проверку ее элементов на прочность.

Началом непосредственного проектирования пули является назначение формы и длины головной части, формы и размеров хвостовой части, длины и диаметра ведущей части на основании известных зависимостей с целью обеспечения заданных требований. Впоследствии не исключено корректирование отдельных размеров, обусловленное обычно необходимостью получить сопрягаемые траектории, заданный вес пули или обеспечить прочность отдельных элементов.

Внутреннее устройство пули устанавливается в зависимости от ее назначения с учетом устройства оправдавших себя элементов конструкции существующих пуль и предъявляемых требований.

После предварительного назначения формы, наружных и внутренних размеров, а также выбора материала для отдельных элементов производится определение динамических характеристик пули. Расчет начинается с определения веса. При этом, как правило, вес, полученный расчетом, будет отличаться от заданного. По разнице веса определяется длина участка цилиндрической (ведущей) части, которую следует отнять или прибавить к ранее назначенной длине. Можно также определить только вес головной и хвостовой части пули, а потом по разности веса определить всю длину цилиндрической части.

После того, как размеры пули и ее элементов приведены в соответствие с заданным весом, производится определение остальных динамических характеристик: положения центра тяжести, полярного и экваториального моментов инерции. Полученные величины динамических характеристик позволят судить об устойчивости пули в полете при заданной крутизне нарезов или определить необходимую крутизну нарезов для спроектированной пули. В том и другом случае приходится пользоваться формулой для определения длины хода нарезов.

При расчете действия пули по целям в процессе выбора баллистического решения некоторыми характеристиками пули приходилось задаваться (форма, диаметр и вес сердечника и т. п.). После расчета динамических характеристик и обеспечения устойчивости пули в полете имеется возможность сравнить величины, которыми приходилось задаваться, с теми, которые получаются в действительности. Это дает возможность сделать

заключение о том, насколько рассчитанное ранее действие пули по целям является приближенным; при необходимости его можно уточнить.

Окончательная приемлемость проектируемой пули устанавливается проверкой ее элементов на прочность при выстреле. При этом приходится определять давление боевой грани нарезов на ведущую часть пули и оценивать прочность ее ведущего устройства. Чрезмерно большое давление приводит к необходимости увеличения длины ведущей части. Специфической проверкой пульной оболочки на прочность является определение центробежных сил инерции и соответствующих напряжений, возникающих в момент вылета пули из канала ствола. В зависимости от величины напряжений в оболочке и других элементах может потребоваться изменение некоторых размеров.

При проектировании специальных пуль приходится решать ряд специальных вопросов — обеспечивать безопасность и взводимость взрывательных устройств (разрывные и зажигательно-пристрелочные пули), обеспечивать заданную дальность трассирования (трассирующие пули) и т. п.

§ 12. НАРУЖНОЕ ОЧЕРТАНИЕ ПУЛЬ

Выбор формы большинства пуль подчиняется в первую очередь задаче уменьшения сопротивления воздуха. Специфичность представляет только выбор формы пистолетных пуль. Так как пистолеты применяются для стрельбы на небольшие дальности, то при выборе формы пистолетной пули главное внимание обращают на повышение убойного (останавливающего) действия.

По наружному очертанию современные пули представляют собой тела вращения, состоящие из головной (оживальной) части (h), ведущей части (H) и хвостовой части (h_x) (рис. 55).

Форма головной части образуется обычно вращением дуги окружности некоторого радиуса γ вокруг продольной оси пули. Центр этой окружности находится обычно в плоскости основания головной части или смещен от нее на некоторую величину назад. Длина головной части у существующих пуль находится в пределах

$$h = (2{,}0 \div 3{,}5)\, d,$$

где d — калибр оружия и берется тем больше, чем больше начальная скорость пули.

При этом величина радиуса γ получается порядка

$$\gamma = (7 \div 11)\, d.$$

Вершина головной части пули имеет обычно форму полусферы с радиусом порядка $r \approx 0{,}075\,d$, что обусловлено технологическими соображениями*.

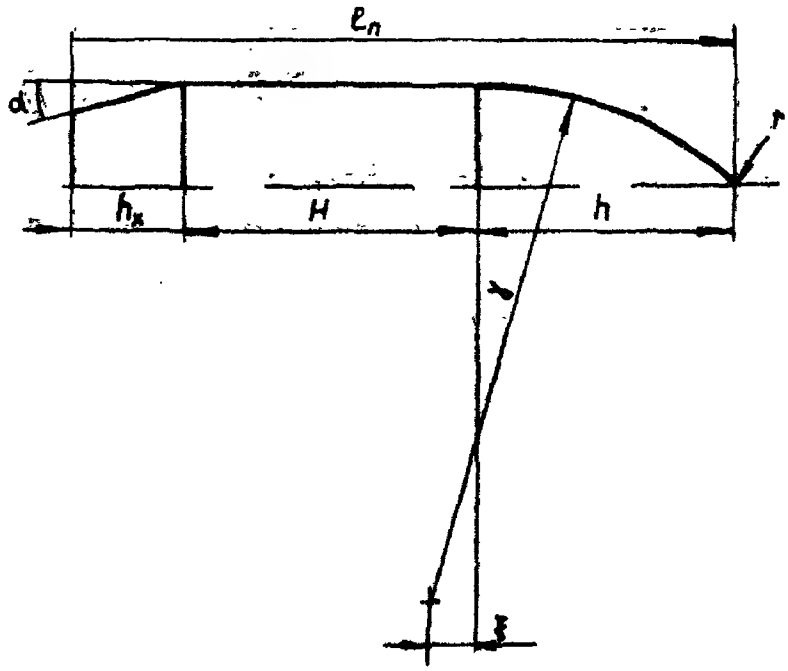

Рис. 55. Внешнее очертание пули.

Соотношение размеров головной части пули легко устанавливается из рис. 56:

$$(\gamma - r)^2 = (h - r - \xi)^2 + b^2,$$

где $b \approx \gamma - 0{,}5\,d_п$.

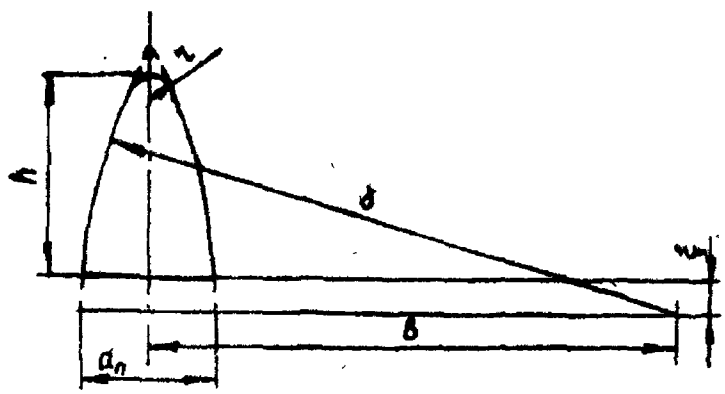

Рис. 56. Очертание головной части пули.

При заданном весе (длине) пули с увеличением значения ξ уменьшается длина головной части и увеличивается длина ведущей части. Таким образом удается в значительной степени

* При штамповке головной части оболочка загоняется в матрицу. Чтобы вытолкнуть ее из матрицы, в последией делается осевое отверстие, против которого оболочка не обжимается, и получается закругление.

влиять на характер траектории и получать сопряжение траекторий различных пуль, а также воздействовать на условия ведения пули по нарезам и прочность оболочки при выстреле.

Размеры ведущей части пули назначаются из условий надежного ведения пули по нарезам, обеспечения обтюрации пороховых газов и прочности оболочки.

У существующих пуль длина ведущей части находится обычно в пределах

$$H = (1{,}0 \div 1{,}5)\, d.$$

При меньшей длине не исключены срывы пули с нарезов вследствие возрастания удельного давления на оболочку со стороны боевых граней нарезов и недостаточное направление ее при движении в канале ствола, связанное с падением устойчивости в полете. При большой длине ведущей части возможен разрыв оболочки при выстреле и увеличенный износ поверхности канала ствола.

Диаметр ведущей части пули имеет значение для обтюрации пороховых газов, надежности ведения пули по нарезам (без срыва), кучности стрельбы и для живучести ствола. Практически установлено, что площадь поперечного сечения ведущей части пули $s_п$ должна быть на 1—2% больше площади поперечного сечения нарезного канала ствола, т. е.

$$s_п = (1{,}01 \div 1{,}02)s.$$

Из этого соотношения и исходят при назначении диаметра ведущей части пули. Учитывая, что для существующих образцов нарезного оружия $s \approx 0{,}82\, d^2$, а $s_п = \frac{\pi}{4} d_п^2$, получаем

$$d_п^2 = \frac{4 \cdot 0{,}82}{\pi} (1{,}01 \div 1{,}02) d^2$$

или

$$d_п = (1{,}02 \div 1{,}03)\, d.$$

Необходимый избыток площади поперечного сечения пули над площадью поперечного сечения канала ствола получается также при равенстве

$$d_п = d_н,$$

где $d_н$ — диаметр канала по нарезам. Это подтверждается данными табл. 43, откуда следует, что номинальное значение диаметра пули в большинстве случаев совпадает с номинальным диаметром канала ствола по нарезам.

Таблица 43

Величины $d_п - d_н$ (*мм*)

Оружие	ППШ	Винтовка	ДШК	ПТРД
$d_п - d_н$	0,07—0,195	0—0,125	—0,01—0,135	0—0,150

Форма хвостовой части пули оказывает влияние на сопротивление воздуха при небольших (дозвуковых) скоростях полета, что может иметь место на части траектории при стрельбе на большие дальности. В этих условиях хвостовая часть пули оформляется в виде усеченного конуса с углом наклона образующей

$$\alpha = 6 \div 9^{\circ}.$$

Длина хвостовой части пули обычно находится в пределах

$$h_x = (0{,}5 \div 1{,}0)d.$$

У пуль, имеющих большие начальные скорости полета и предназначаемых для стрельбы на небольшие дальности, в пределах которых скорость не снижается до скорости распространения звука, форма хвостовой части не имеет существенного значения и делается обычно цилиндрической. Наличие в ряде случаев конусной хвостовой части у подобных пуль обусловлено другими соображениями: необходимостью уменьшить длину ведущей части пули и этим воздействовать на прочность оболочки, обеспечить сопряжение траектории данной пули с траекториями других пуль и т. п.

Общая длина пули определяется ее весом, ограничивается условиями обеспечения устойчивости ее в полете и обычно не превосходит величины

$$l_{\text{п}} \leqslant 5{,}5\,d.$$

В зависимости от формы и соотношения наружных размеров изменяется коэффициент формы пули, который определяется обычно опытным путем.

При проектировании же пуль представляют интерес аналитические способы его определения. А. Д. Чернозубовым [14] предложена следующая эмпирическая формула для определения коэффициента формы пуль по отношению к закону Сиаччи с учетом дальности:

$$i = \frac{0{,}3}{\sqrt{0{,}5 + 10\,d}}\left(1{,}23 - 0{,}15\frac{d}{d_x}\right) + \frac{h}{1+4h^2}\cdot\frac{12850+K}{4200} - \\ - \frac{5000}{1200+v_0}\left[1-\left(\frac{d_x}{d}\right)^3\right], \qquad (23)$$

где d — калибр оружия в *дм*;
h — высота головной части в калибрах;
d_x — диаметр хвостовой части в *дм*;
v_0 — начальная скорость пули в *м/сек*.

Значение K принимается в зависимости от дальности X:

если $X < 1800\left(\frac{d}{0{,}0762}\right)^2$, то принимается $K = X$;

если $X > 1800\left(\frac{d}{0{,}0762}\right)^2$, то берется $K = 1800\left(\frac{d}{0{,}0762}\right)^2$.

Так, например, для 7,62-*мм* легкой винтовочной пули обр. 1908 г. имеем $d_x = d = 0{,}0762$ *дм*, $h = 2{,}4$ калибра. При $X = 0$ и $K = 0$ получаем $i = 0{,}596$, что весьма близко к опытной величине $i = 0{,}61$ (расхождение 2,3%).

При необходимости знать коэффициент формы применительно к закону 43 года можно воспользоваться соотношением

$$i_{43} = n i_{\text{Сиаччи}},$$

где n — переходный множитель, зависящий от скорости пули [14].

v_0 *м/сек*	150	250	300	341	400	500	700	1000
n	1,64	1,72	2,08	1,67	1,76	2,00	2,22	2,08

При усреднении коэффициента формы и баллистического коэффициента можно пользоваться значением переходного множителя

$$n = 1{,}95.$$

Наряду с рассмотренной (классической) формой пули не исключены другие формы, обусловленные особенностями ствола (ствол с коническим каналом, гладким каналом и т. п.) или необходимостью иметь сверхлегкую конструкцию пули для получения большой начальной скорости.

§ 13. СОПРЯЖЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ПУЛЬ

При проектировании какого-либо вида пули к существующему патрону встает вопрос о сопряжении ее траектории с траекторией основной штатной пули, что вызывается необходимостью иметь одну насечку прицела при стрельбе различными пулями и одни таблицы поправок в дальности и направлении стрельбы на влияние различных факторов (ветра, температуры, плотности воздуха и т. п.). В данном случае речь идет не о получении идентичной траектории, а о максимальном приближении траектории проектируемой пули к траектории основной штатной пули по крайней мере на дальностях применения данного вида оружия. Для каждого вида оружия допускается некоторое расхождение углов прицеливания при стрельбе основной пулей и другими пулями в зависимости от свойств данного вида оружия и предъявляемых к нему требований.

На характер траектории пули можно влиять, меняя ее вес, начальную скорость, форму и размеры (коэффициент формы).

При таком же максимальном давлении пороховых газов, что и при стрельбе основной пулей, проектируемая пуля заданного веса будет иметь определенную начальную скорость. Изменять эту скорость, не меняя веса пули, нежелательно, так

как с изменением скорости мы вынуждены будем изменять и максимальное давление газов. Увеличивать P_{max} как результат увеличения v_0 обычно не допускается из условий обеспечения надежности работы оружия и живучести ствола, а уменьшение v_0 нежелательно из-за уменьшения эффективности использования объема каморы заряжания и действия пули по целям. Поэтому при сопряжении траекторий приходится варьировать в первую очередь формой и размерами (коэффициентом формы) и весом пули.

Траектории двух пуль будут полностью сопряженными, если при одинаковых углах бросания Θ_0 получаются одинаковые дальности X и одинаковые времена полета пули (последнее важно иметь при стрельбе по движущимся целям). Для основной пули связь величин Θ_0 и X известна, поэтому ее можно использовать для отыскания необходимых значений коэффициента формы или баллистического коэффициента проектируемой пули, воспользовавшись следующими двумя вспомогательными функциями Сиаччи:

$$f_0 = c \sin 2\Theta_0 \quad \text{и} \quad f_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\Theta_0}{X}.$$

Введем индекс 1 для сопрягаемой пули, тогда для одинаковых углов бросания и дальности получим

$$f_{11} = f_1 \left(\frac{v_{01}}{v_0}\right)^2.$$

Имея теперь значения f_{11} и v_{01}, по таблице функции f_1 находим значение $[c_1 X]$. Задаваясь дальностями, получим значения баллистического коэффициента для различных дальностей

$$c_1 = \frac{[c_1 X]}{X}$$

и значения коэффициента формы

$$i_1 = \frac{c_1 q}{d^2} \cdot 10^{-3}.$$

Принимая теперь во внимание наиболее характерную дальность стрельбы из данного вида оружия и соответствующее ей значение коэффициента формы, по формуле (23), приведенной в § 12, можно подобрать значение высоты головной части проектируемой пули h и хвостовой части

$$h_x = \frac{d - d_x}{2 \operatorname{tg} \alpha},$$

где α — угол наклона образующей (6—9°).

По принятым размерам пули определяются значения i_1 для остальных дальностей. Они будут, естественно, отличными от значения, полученного ранее для характерной дальности стрельбы.

Теперь, имея значения i_1 для различных дальностей, следует определить значения баллистического коэффициента

$$c_1 = \frac{i_1 d^2}{q} 1000.$$

Пользуясь значениями углов бросания для штатной пули и различных (контрольных) дальностей, можно определить значения функции f_{01} для проектируемой пули, а по значениям f_{01} и v_{01} найти в таблице функции f_0 значения $[c_1 X]$ и соответствующие значения X_1.

По расхождению полученных значений X_1 и контрольных дальностей X и можно судить о сопряжении траекторий в пространстве. Это расхождение допускается обычно не более $^1/_3$ деления прицела.

Так решается задача сопряжения траекторий при варьировании формой и размерами проектируемой пули. Если проектируемая пуля при этом имеет меньший вес и бо́льшую начальную скорость в сравнении со штатной пулей, то для сопряжения траекторий выгодно уменьшать длину головной части и увеличивать длину хвостовой части.

Варьированием только формой и размерами пули решить задачу сопряжения траекторий не всегда удается. Тогда приходится прибегать к изменению веса пули и ее начальной скорости. Порядок расчетов остается таким же.

Заключение о сопряжении траекторий во времени может быть сделано на основании определения значений полетного времени, что можно сделать, как и уточнить другие вопросы (настильность траектории, конечные скорости пули и т. п.), пользуясь известными приемами внешней баллистики.

Пример. Поставлена задача произвести сопряжение траектории пули весом $q_1 = 9{,}2\ Г$, имеющей начальную скорость $v_{01} = 900\ м/сек$, с траекторией тяжелой винтовочной пули, имеющей $q = 11{,}8\ Г$ и $v_0 = 800\ м/сек$ на дальностях до 1 000 $м$. Допускаемое расхождение траекторий не более $^1/_3$ деления прицела.

Возьмем три контрольные дальности: 500, 800 и 1 000 $м$. Определив значения коэффициента формы i_1 для трех дальностей (табл. 44), примем для дальнейшей работы одно из них ($i_1 = 1{,}18$), соответствующее дальности 800 $м$,

Таблица 44

Определение коэффициента формы i_1

$X_м$	500	800	1000	Примечание
Θ_0	17′	33′	48′	
v_0 *м/сек* v_{01} *м/сек* lg v_0 lg v_{01}	800 900 2,90309 2,95424	800 900 2,90309 2,95424	800 900 2,90309 2,95424	Дано
2 lg v_0 lg sin $2\Theta_0$ — lg X	5,80618 $\bar{3}$,99520 $\bar{3}$,30103	5,80618 $\bar{2}$,28324 $\bar{3}$,09691	5,80618 $\bar{2}$,44594 $\bar{3}$,00000	
lg f_1 2 lg v_{01} — 2 lg v_0	1,10241 5,90848 $\bar{6}$,19382	1,18633 5,90848 $\bar{6}$,19382	1,25212 5,90848 $\bar{6}$,19382	
lg f_{11} f_{11}	1,20471 16,022	1,28863 19,437	1,35442 22,616	
c_1X	4571	5944	6928	По табл. f_1
lg c_1X — lg$X$	3,66001 $\bar{3}$,30103	3,77408 $\bar{3}$,09691	3,84061 $\bar{3}$,00000	
lg c_1 lg q — 2 lg d lg 10^{-3}	0,96104 $\bar{3}$,96379 4,23610 $\bar{3}$,00000	0,87099 $\bar{3}$,96379 4,23610 $\bar{3}$,00000	0,84061 $\bar{3}$,96379 4,23610 $\bar{3}$,00000	
lgi_1 i_1	0,16093 1,449	0,07088 1,177	0,04040 1,0975	

Переходя к закону Сиаччи, определяем соответствующее ему значение $i_1 = 0{,}60$, по которому, пользуясь формулой (23), подбираем величины $h = 12{,}2$ *мм* и $h_x = 9$ *мм*, по которым, пользуясь опять формулой (23), в свою очередь, определяем новые значения i_1 для дальностей 500 и 1000 *м* и производим дальнейшие вычисления (табл. 45).

При цене деления 100 *м* $^1/_3$ деления прицела соответствует 33,3 *м*. Для дальностей 500 и 1 000 *м* условие сопряжения траекторий не соблюдается. Особенно большое отклонение получается от контрольной дальности 1 000 *м* (45,5 *м*). Учитывая знаки отклонения полученных дальностей от контрольных, можно сделать заключение, что при весе проектируемой пули 9,2 *Г* и начальной скорости ее 900 *м/сек* сопряжение ее траектории с траекторией тяжелой пули вряд ли возможно.

Таблица 45

Определение дальности X_1

$X_м$	500	800	1.000	Примечание
$i_{Сиаччи}$	0,59	0,60	0,61	По формуле (23)
$i_{43\ г}$	1,16	1,18	1,20	Переходом
$\lg i_1$	0,06446	0,07188	0,07918	Закон 43 г.
$2 \lg d$	$\overline{5}$,76390	$\overline{5}$,76390	$\overline{5}$,76390	
$-\lg q$	2,03621	2,03621	2,03621	
$\lg 10^3$	3,00000	3,00000	3,00000	
$\lg c_1$	0,86457	0,87199	0,87929	
$\lg \sin 2\theta_0$	$\overline{3}$,99520	$\overline{2}$,28324	$\overline{2}$,44594	
$\lg f_{01}$	$\overline{2}$,85977	$\overline{1}$,15523	$\overline{1}$,32523	
f_{01}	0,07240	0,1430	0,2115	
v_{01}	900	900	900	
c_1X_1	3919	5949	7229	По таблице
$\lg c_1X_1$	3,59318	3,77444	3,85908	
$-\lg c_1$	$\overline{1}$,13543	$\overline{1}$,12801	$\overline{1}$,12071	
$\lg X_1$	2,72861	2,90245	2,97979	
X_1	535	798,8	954,5	

Если взять и просчитать вариант с $h = 18{,}83$ *мм*, $h_x = 6{,}25$ *мм* и уменьшить скорость пули с 900 до 850 *м/сек*, то получим значения X_1 514, 793 и 987 *м*, что характеризует удовлетворительное сопряжение траекторий на всех дальностях.

Уменьшая начальную скорость пули заданного веса, мы тем самым уменьшим мощность патрона с данной пулей. Поставленную задачу можно было бы решить, несколько уменьшив скорость и увеличив вес пули так, чтобы дульная энергия осталась постоянной.

§ 14. ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ПУЛЬ

Конструкция современных пуль патронов стрелкового оружия довольно разнообразна. Наиболее характерные представители обыкновенных пуль показаны на рис. 57. Среди них можно встретить безоболочечные или сплошные пули *4*, оболочечные, состоящие из мягкого (обычно свинцового) сердечника и более твердой и прочной оболочки *1*, *2*, *3*, *8*, а также оболочечные со стальным сердечником *5*, *6*.

7,62-*мм* легкая пуля обр. 1908/30 гг. *1* имеет коническое углубление в хвостовой части, предназначенное для улучшения обтюрации пороховых газов за счет расширения хвостовой части пули под действием давления на нее газов при выстреле, удучшения кучности боя оружия и увеличения живучести стволов.

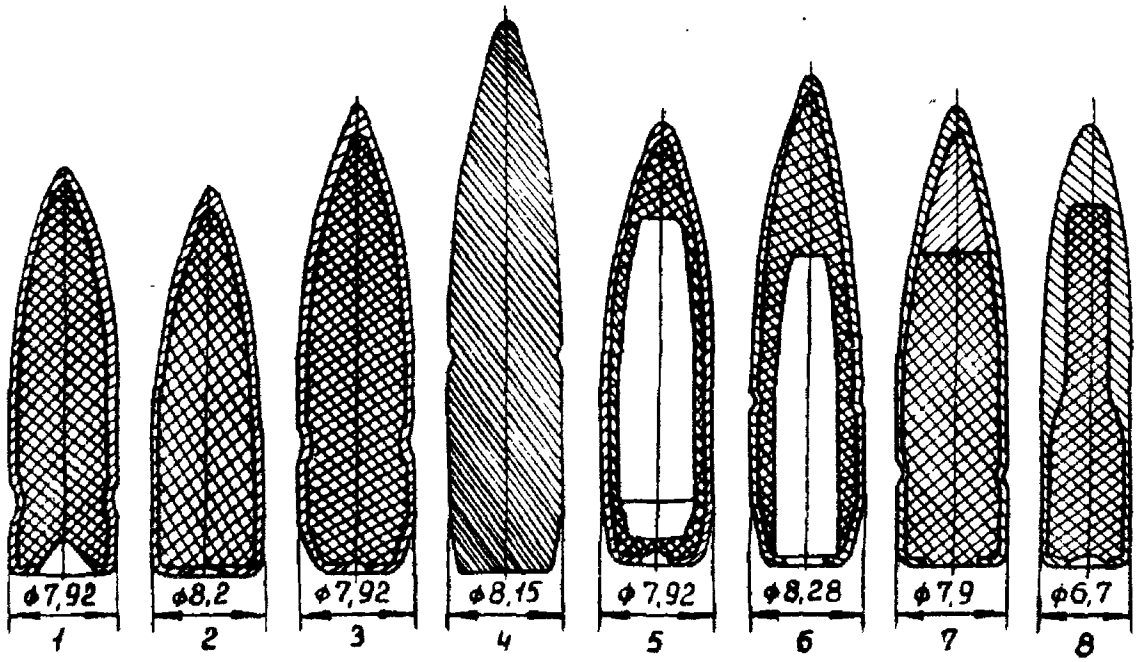

Рис. 57. Обыкновенные пули:
1—отечественная легкая; 2—германская легкая; 3—отечественная тяжелая; 4—французская сплошная; 5—отечественная со стальным сердечником; 6—германская со стальным сердечником; 7—английская; 8—японская.

Появление в обыкновенных пулях стального сердечника вызвано требованием удешевления конструкции путем уменьшения количества свинца и уменьшения деформации пули в целях увеличения пробивного действия.

Толщина оболочек современных оболочечных пуль находится в пределах

$$t_0 = (0{,}06 \div 0{,}08)\, d,$$

в соответствии с чем и выбирается этот размер при проектировании новых пуль.

Среди конструкций свинцово-оболочечных пуль встречаются так называемые разворачивающиеся пули (рис. 58), характерные ослабленной головной частью, вследствие чего они резко деформируются, разворачиваются (иногда разрываются) при встрече с целью и наносят большие поражения живым целям. Обладая небольшим пробивным действием, они отсутствуют на вооружении армий и применяются лишь для стрельбы из охотничьего нарезного оружия по крупному зверю.

Характерные представители **бронебойных пуль**, применяемых для стрельбы по бронированным целям, показаны на рис. 59. От обыкновенных пуль бронебойные пули отличаются наличием бронебойного сердечника высокой прочности и твердости. Между

оболочкой и сердечником находится обычно мягкая свинцовая рубашка, облегчающая врезание пули в нарезы и предохраняющая тем самым канал ствола от интенсивного износа.

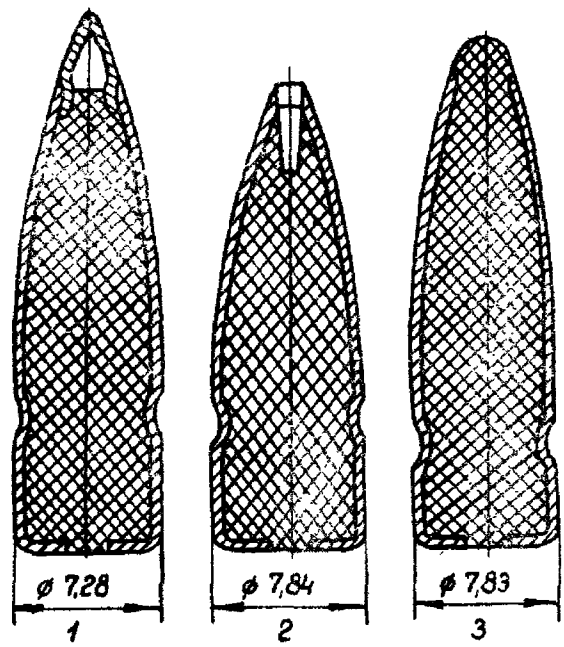

Рис. 58. Разворачивающиеся пули:
1—фирмы „Росс"; 2 и 3—фирмы „Вестери".

Иногда бронебойные пули не имеют специальной рубашки. Тогда оболочка, являясь корпусом пули, изготовляется из мягкого ма-

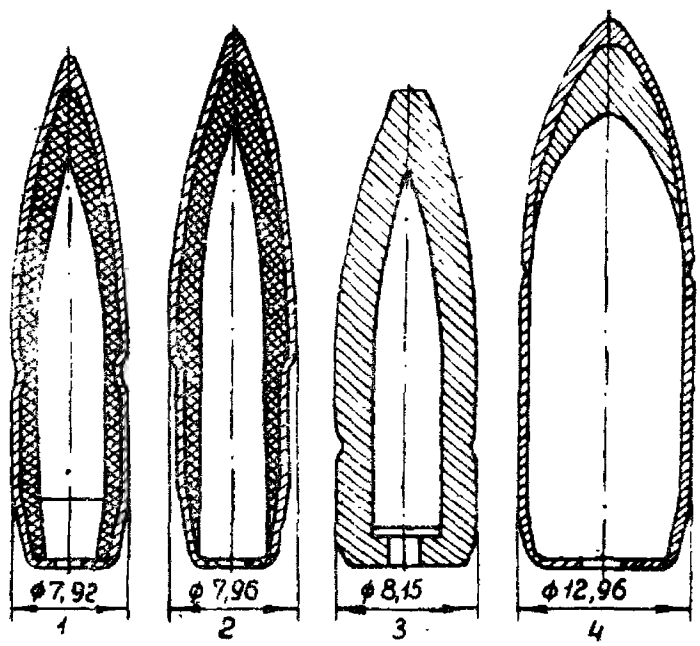

Рис. 59. Бронебойные пули:
1—отечественная; 2—испанская; 3—французская; 4—американская.

териала. Примером такой пули является французская бронебойная пуля *3*, состоящая из томпакового корпуса и стального бронебойного сердечника,

Бронепробивное действие пуль обычно выгодно сочетать с другими видами действия, например, зажигательным и трассирующим. Поэтому бронебойный сердечник встречается в бронебойно-зажигательных и бронебойно-зажигательно-трассирующих пулях.

Конструктивными характеристиками бронебойных, как и других видов пуль с бронебойным сердечником, являются относительный вес и относительный диаметр сердечника

$$m_q = \frac{q_c}{q} \quad \text{и} \quad m_d = \frac{d_c}{d}.$$

Относительный вес сердечника характеризует собой использование веса (объема) пули сердечником. Чем больше относительный вес, тем выше бронебойные свойства пули при прочих равных условиях. У существующих пуль m_q увеличивается с калибром и находится большей частью в следующих пределах:

— бронебойные пули 0,55—0,60;
— бронебойно-зажигательные пули со стальным сердечником 0,60—0,65;
— то же с карбидовольфрамовым сердечником 0,65—0,75.

Относительный диаметр сердечника характеризует использование (наполнение) поперечных размеров пули сердечником и находится большей частью в пределах 0,75—0,85, также несколько увеличиваясь с увеличением калибра.

При таких поперечных размерах сердечника толщина стенки рубашки составляет обычно несколько десятых миллиметра.

Головная часть бронебойного сердечника очерчивается обычно радиусом, равным $(1{,}5 \div 2{,}0)d_c$, что позволяет обеспечить необходимую заостренность вершины и удовлетворительную прочность сердечника при ударе в бронированную цель.

Некоторые **трассирующие пули**, применяемые для корректирования огня при стрельбе из автоматического оружия, показаны на рис. 60. Все они характеризуются наличием трассирующего состава, который, воспламеняясь от пороховых газов при движении пули по каналу ствола, горит при полете пули в воздухе, обозначая (трассируя) траекторию.

Необходимая яркость горения трассирующего состава (трассирования) обеспечивается поперечными размерами трассера, химическим составом и скоростью горения трассирующего вещества, а длина видимого участка траектории (дальность трассирования) — продольными размерами (высотой) трассера.

Высота трассирующего состава определяется так:

$$h = vt,$$

где v — скорость горения трассирующего состава в пуле (порядка 3 — 4 *мм/сек*);
t — требуемое время действия трассера, определяемое по дальности трассирования.

В целях обеспечения равномерного горения трассирующего состава параллельными слоями он запрессовывается в несколько

приемов с таким же высоким давлением, как давление газов в канале ствола. В противном случае возможно разрушение состава при выстреле, горение его на большой поверхности и разрушение пули на траектории.

За небольшим исключением, трассирующий состав обычно помещается в специальном стаканчике.

Для надежности воспламенения трассирующего состава от пороховых газов открытая его поверхность делается рельефной (звездочкой). Рельефная поверхность, или звездочка, образуется

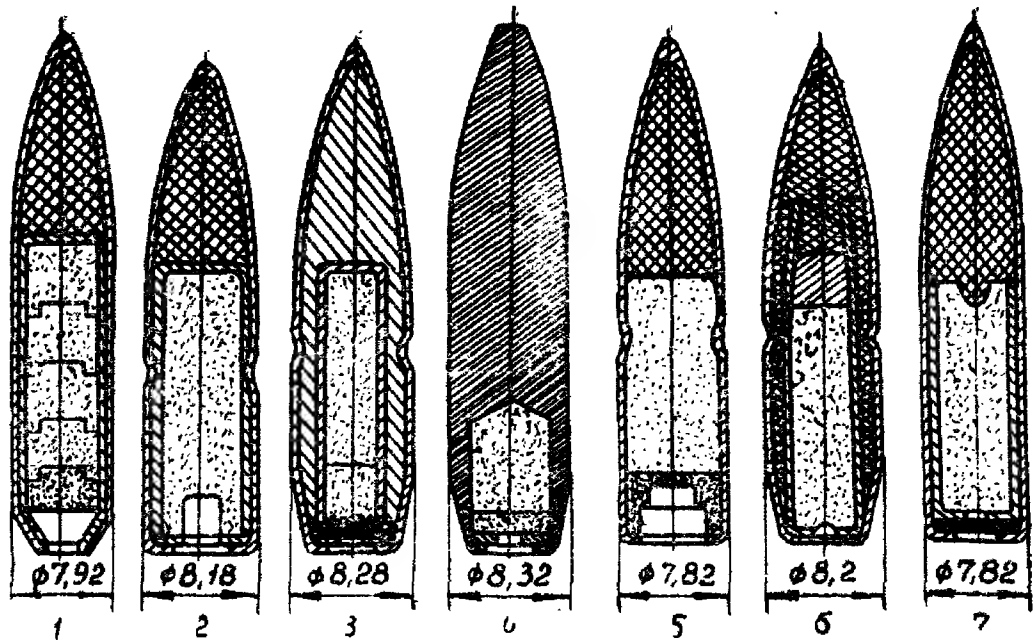

Рис. 60. Трассирующие пули:
1—отечественная Т-30; 2—английская; 3—германская; 4—французская; 5—американская; 6—чехословацкая; 7—финская.

при сборке пули, что позволяет раздать стенки стаканчика и этим предварительно закрепить его в пуле, пока не будут загнуты стенки оболочки. Иногда последней дозой запрессовывают специальный легко воспламеняющийся состав, называемый в отличие от трассирующего воспламенительным составом.

На характер полета трассирующей пули влияют правильность формы выходного отверстия и концентричность его расположения относительно продольной оси пули. Правильное и концентричное выходное отверстие трудно получить посредством загиба хвостовой части оболочки, поэтому прибегают к вставке в пулю колечка с отверстием, удерживаемого загнутой частью оболочки. Указанное колечко не требуется, если отверстие пробивается в дне трассирующего стаканчика, а последний ставится в пулю донной частью назад (рис. 60—*6,7*). Если трассирующий состав запрессовывается непосредственно в оболочку, как показано на рис. 60—*5*, то возникает необходимость калибровки (раззенковки) выходного отверстия после штамповки хвостовой части пули.

Диаметр отверстия для выхода пламени подбирается опытным путем и составляет 0,25÷0,5 внутреннего диаметра трассера.

Во избежание неблагоприятного воздействия внешних атмосферных условий на трассирующий состав (до сборки патрона) и для обеспечения длительного хранения патронов иногда прибегают к покрытию воспламенительного состава каким-либо защитным слоем — лаком, фольгой и т. п. (рис. 60—*3*, *7*). Однако защитные покрытия ухудшают воспламенение трассирующего состава и снижают надежность действия трассера.

Особенностью трассирующих пуль является изменение веса и перемещение центра тяжести пули по мере сгорания трассирующего состава. Изменение веса и продольное смещение центра тяжести не оказывают вредного действия на характер полета пули, поперечное же смещение центра тяжести, вызываемое обыч-

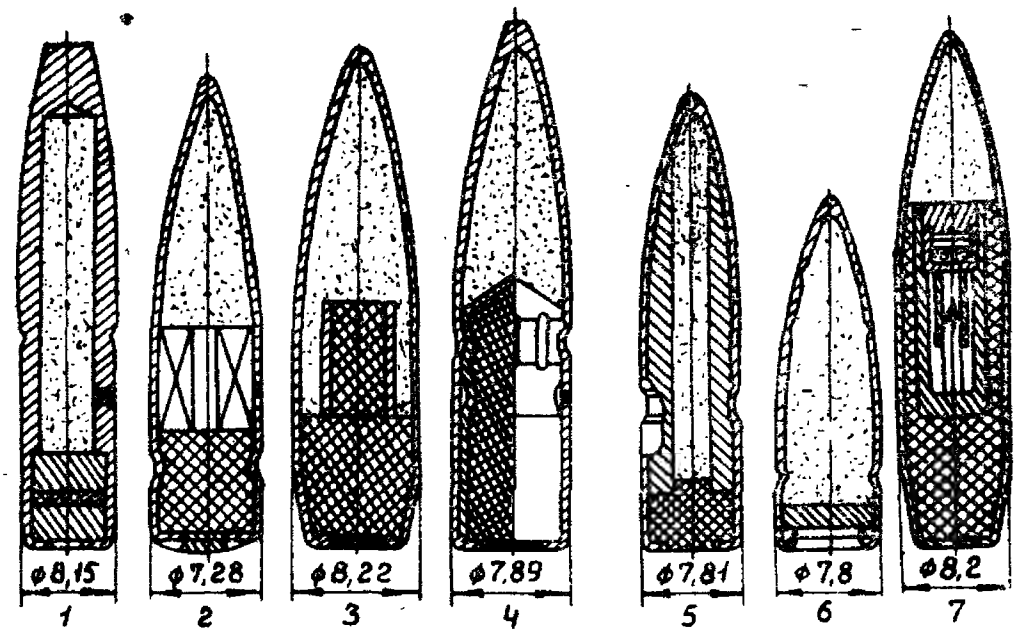

Рис. 61. Зажигательные пули:
1—французская; 2—испанская; 3—польская; 4—японская; 5—американская; 6—французская; 7—германская.

но односторонним выгоранием трассирующего состава, делает пули динамически неуравновешенными и вызывает увеличение рассеивания. Во избежание этого рекомендуется без особой надобности не увеличивать размеры и вес трассирующего состава. С этой целью иногда применяется воспламенительный состав с небольшой скоростью и слабым пламенем горения, что позволяет уменьшить вес трассирующего состава, не уменьшая дальности трассирования, и улучшить маскировку оружия.

Во избежание разрушения спрессованного трассирующего состава в пуле и нарушения нормального горения его на трассирующих пулях обычно не делается накатка (канавка) на боковой поверхности для обжима в нее дульца гильзы. Крепление трассирующих пуль в дульце гильзы обеспечивается, как правило, за счет посадки их в дульце с натягом.

Характерные представители **зажигательных пуль**, получивших применение как средство поражения легковоспламеняющихся целей, показаны на рис. 61.

По принципу действия зажигательные пули делятся на два вида: действующие независимо от встречи с преградой (с непрерывным горением зажигательного состава на траектории) и действующие при ударе о преграду.

Пули первого вида снаряжаются самовоспламеняющимся в атмосфере зажигательным составом, обычно белым фосфором. Для выхода фосфора наружу в боковых стенках оболочки предусматриваются отверстия, запаянные легкоплавким сплавом, который плавится при движении пули по каналу ствола и открывает отверстия (рис. 61—*1, 2, 3, 4*).

Под действием центробежных сил фосфор вытекает наружу и, соединяясь с кислородом воздуха, воспламеняется. При соприкосновении с легковоспламеняющимися веществами, такая пуля воспламеняет их в любой точке траектории.

Для проявления зажигательного действия такого вида пуль не требуется какое-либо сопротивление движению пули в виде удара. В этом смысле они обладают высокой чувствительностью к действию по целям малого сопротивления.

Важно, чтобы при встрече с преградой пуля разрушалась и большее количество зажигательного состава оставалось в преграде (цели). Для этого внутрь зажигательного состава помещают какое-либо свободное тело (рис. 61—*2, 3, 4*).

При встрече пули с преградой заметного сопротивления это свободное тело давит на фосфор, создает в нем давление и способствует быстрому вытеканию фосфора или разрушению оболочки и вскрытию зажигательного состава. На траектории, в силу наличия сопротивления воздуха, также создаются условия для более интенсивного вытекания фосфора наружу.

У зажигательных пуль первого вида имеется один существенный недостаток — непроизводительное расходование зажигательного состава, вследствие чего до цели иногда доносится небольшое его количество. Эффективность действия таких пуль зависит от дальности.

Указанный недостаток отсутствует у пуль второго вида, действующих только при ударе в цель. Воспламенение зажигательного состава у этих пуль основывается обычно также на его взаимодействии с кислородом воздуха.

При ударе в цель пуля разрушается, зажигательный состав — белый или желтый фосфор — разбрызгивается и, взаимодействуя с кислородом воздуха, воспламеняется и зажигает цель. Так действуют фосфорные зажигательные пули.

В конструкциях ударных зажигательных пуль предусматриваются меры, обеспечивающие разрушение оболочки при встрече с преградами небольшого сопротивления.

В одних случаях ослабляется оболочка (рис. 61—*6*), в других — в пулю ставится специальный ударный механизм с капсюлем (рис. 61—*7*).

Фосфорные зажигательные пули требуют особых условий снаряжения, хранения и особой осторожности в обращении.

Поэтому широкое применение получили пули с пиротехническими зажигательными составами, избавленные от недостатков фосфорных пуль.

Пиротехнические зажигательные пули являются обычно пулями комбинированного действия.

Разрывные пули, представители которых показаны на рис. 62 и 63, применяются главным образом для стрельбы по воздушным целям. Попадая в цель и разрываясь, такие пули дают увеличенную область поражения в сравнении с другими видами пуль.

Иногда такого вида пули применяют как средство корректирования огня на местности, поскольку они позволяют наблюдать точки разрыва, поэтому их называют иногда еще и пристрелочными.

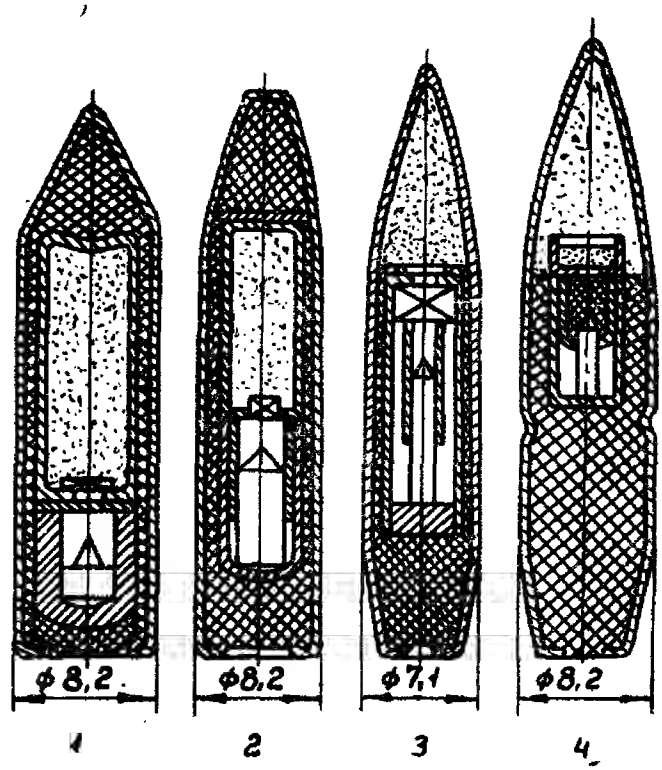

Рис. 62. Разрывные пули инерционного действия:
1—германская; 2—австрийская; 3—испанская; 4—чехословацкая.

Отличительной особенностью разрывных пуль является наличие в них взрывчатого вещества и взрывательного механизма (взрывателя), позволяющего детонировать разрывной заряд. Разрывные (пристрелочные) пули являются одновременно и зажигательными. Для повышения эффективности зажигательного действия в разрывной заряд иногда добавляется зажигательный состав термитного типа.

Разрывные пули нормального стрелкового калибра снабжаются обычно взрывательными устройствами инерционного действия, размещаемыми позади разрывного заряда. Ударник удерживается до выстрела силами трения стаканчика, в котором он размещается, или предохранителя, чем обеспечивается безопасность в обращении с патронами. При выстреле взрывательное

устройство взводится, а при ударе пули в цель ударник накалывает капсюль, под действием которого детонирует разрывной заряд.

Расположение разрывного заряда в головной части пули, а ударного механизма за разрывным зарядом не позволяет в ряде случаев рационально использовать энергию разрывного заря-

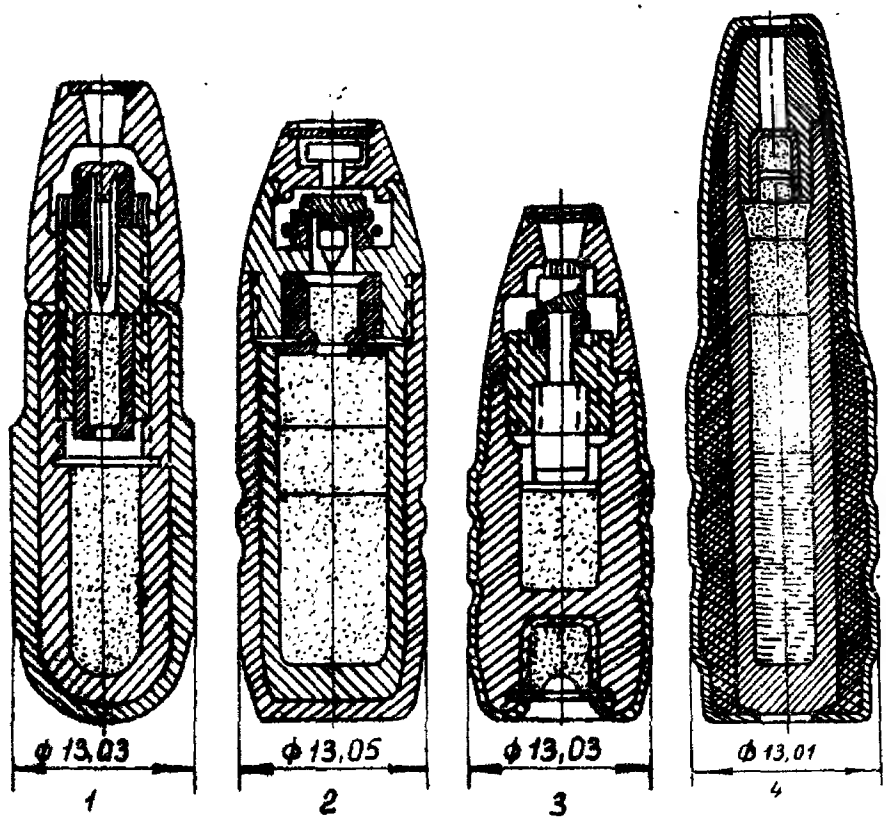

Рис. 63. Разрывные пули мгновенного действия:
1—английская; 2—японская; 3—итальянская; 4—отечественная.

да и получить высокую эффективность действия пули ввиду продолжительности инерционного действия ударного механизма и разрушения разрывного заряда прежде, чем он детонирует. Во избежание этого недостатка требуется расположение ударного механизма в головной части пули и мгновенное его действие, что трудно осуществимо у пуль нормального стрелкового калибра.

Крупнокалиберные разрывные пули имеют, как правило, ударный механизм мгновенного действия с центробежным предохранителем, расположенный в головной части (рис. 63). Исключение составляет отечественная пуля, не имеющая ударника. Капсюль у нее действует от осколков головного колпачка и осколков преграды при ударе пули в цель.

Специальные пули часто являются пулями комбинированного действия, обладающими двумя—тремя видами действия, в чем выражено стремление совместить свойства различных специальных пуль в одной пуле. Однако пули комбинированного действия обладают меньшей эффективностью каждого вида действия, по

сравнению со специальными пулями какого-либо одного вида действия. Кроме того, они более сложны в технологическом отношении.

На рис. 64 показаны **бронебойно-трассирующие пули,** сочетающие бронепробивное и трассирующее действия. Они состоят из элементов рассмотренных ранее пуль.

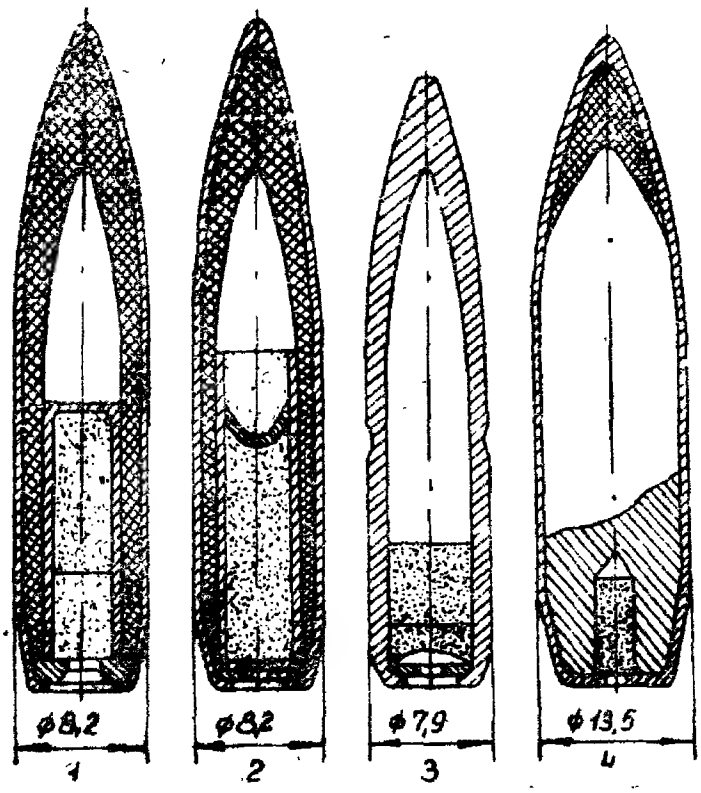

Рис. 64. Бронебойно-трассирующие пули:
1—германская; 2—то же с самоликвидатором; 3—французская; 4—румынская.

На рис. 65 показаны **бронебойно-зажигательные пули,** сочетающие бронепробивное действие с зажигательным действием. Они оказываются эффективным средством для стрельбы по бензиновым бакам боевых машин и вообще по легковоспламеняющимся веществам, закрытым броней.

В качестве зажигательного вещества в бронебойно-зажигательных пулях применяется пиротехнический состав и реже фосфор. Первый срабатывает от динамического сжатия при ударе пули в преграду достаточного сопротивления (броню), а второй — в результате разрушения оболочки и взаимодействия с атмосферным кислородом.

С целью повышения чувствительности фосфорных пуль, разрушения их при встрече с преградами небольшого сопротивления (броней) иногда головная часть оболочки ослабляется (рис. 65—*3*). Расположение зажигательного состава в головной части пули, перед бронебойным сердечником, связано с одним недостатком: большая часть зажигательного состава рассеивается перед броней и лишь небольшая часть его затягивается сердечником в об-

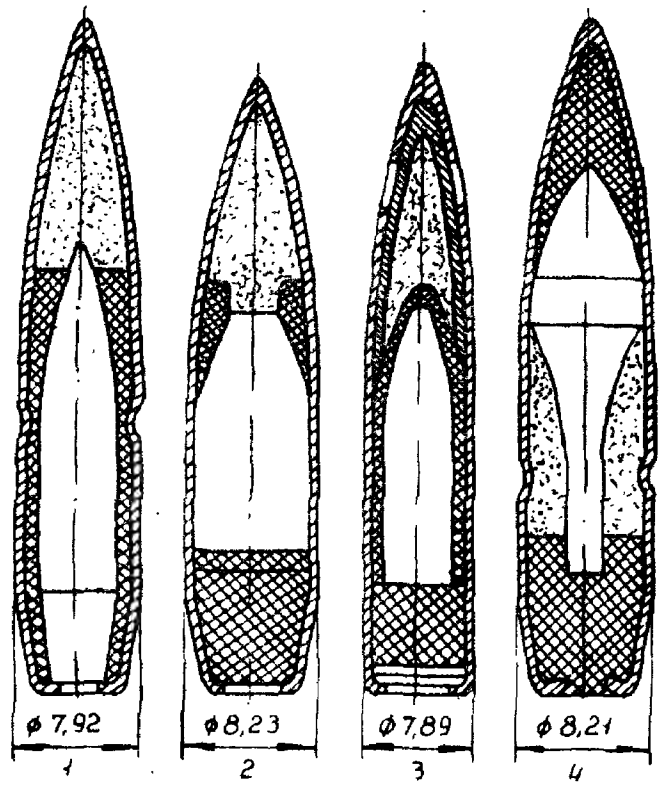

Рис. 65. Бронебойно-зажигательные пули:
1—отечественная; 2—итальянская; 3—английская; 4 -германская.

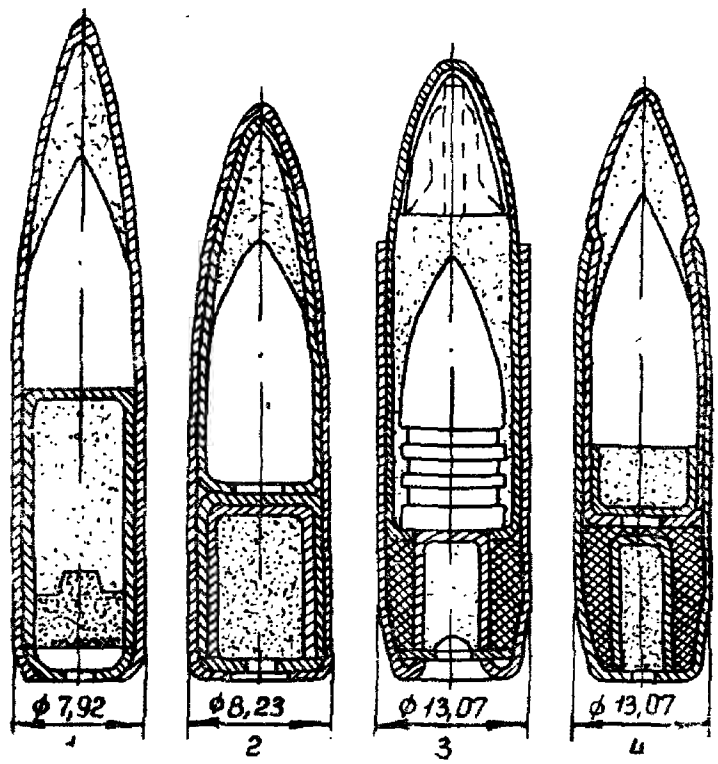

Рис. 66. Бронебойно-зажигательно-трассирующие пули:
1—отечественная; 2, 3, 4- итальянские.

разованную им пробоину. Во избежание этого недостатка выгодно размещать зажигательный состав за бронебойным сердечником (рис. 65—*4*). Однако в этом случае снижается чувствительность пули к действию по слабым преградам.

На рис. 66 показаны конструкции **бронебойно-зажигательно-трассирующих пуль**, *обладающих одновременно бронебойным*, зажигательным и трассирующим действием. Они состоят из тех же элементов, что и ранее рассмотренные пули. Наличие трассера у этих пуль существенно усиливает их зажигательное действие.

Рассмотренные пули относятся к периоду второй мировой войны. Однако элементы их устройства находят применение и в конструкциях современных пуль.

§ 15. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПУЛЬ

Материал пульных оболочек должен обладать следующими основными свойствами: высокой пластичностью, позволяющей пуле врезаться в нарезы; достаточной прочностью во избежание срыва пули с нарезов при выстреле; хорошей обрабатываемостью методом штамповки (вытяжки); низким истирающим действием для обеспечения высокой живучести ствола; высокой антикоррозийной стойкостью; дешевизной и недефицитностью.

Одним из лучших материалов для оболочек считается мельхиор (сплав 78,5—80,5% меди и 21,5—19,5% никеля). Однако он является дорогим и к настоящему времени повсеместно заменен другими, более дешевыми материалами.

В качестве материала пульных оболочек широкое применение получила малоуглеродистая сталь, плакированная томпаком (биметалл).

Томпак представляет собой сплав 89—91% меди и 11—9% цинка. Его толщина в биметалле составляет 4—6% толщины основного стального слоя. Биметалл обладает указанными выше свойствами, хотя и уступает несколько мельхиору, но его применение также связано с расходованием дорогого цветного металла. Поэтому наряду с биметаллом широкое применение для изготовления пульных оболочек получила неплакированная холоднокатаная малоуглеродистая сталь. Изготовленные из нее оболочки покрываются тонким слоем меди или латуни (электролитическим или контактным способом) или лакируются во избежание коррозии и интенсивного износа ствола.

Химический состав двух сортов материалов показан в табл. 46. Допускается содержание серы и фосфора вместе не более 0,07%. Механические свойства указанных материалов в исходном состоянии практически одинаковы: предел прочности 27—37 *кГ/мм*^{2}, местное относительное удлинение около 29%, удельный вес 7,9 *Г/см*^{3}.

Таблица 46

Химический состав материала пульных оболочек (%)

Материал	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
						Не более		
Биметалл	0,11	0,35—0,6	0,08	0,15	0,30	0,20	0,04	0,035
Холоднокатаная сталь	0,11	0,30—0,5	0,10	0,15	0,30	0,20	0,04	0,035

К материалу сердечников обыкновенных пуль предъявляются следующие требования: сочетание высокой пластичности с достаточной твердостью, необходимое для обеспечения врезания пули в нарезы и заполнения ею поперечного сечения канала ствола; большой удельный вес, обеспечивающий получение заданного веса пули при минимальных ее размерах; хорошая обрабатываемость штамповкой; дешевизна и недефицитность.

Этим требованиям, за исключением последнего, удовлетворяет свинец с добавкой 1—2% сурьмы, который и получил широкое применение для изготовления сердечников. Добавка сурьмы несколько повышает твердость сплава. Удельный вес этого материала 11,3—11,4 *Г/см*^{3}, температура плавления около 330°С.

В целях экономии свинца и повышения пробивного действия пуль в конструкциях обыкновенных пуль, как указывалось ранее, предусматриваются стальные сердечники, изготовляемые из малоуглеродистой стали, допускающей обработку штамповкой в холодном состоянии.

Для изготовления бронебойных сердечников применяются материалы, обладающие в готовом сердечнике высокой твердостью в сочетании с высокой вязкостью и большим удельным весом. Широкое применение для этих целей получили различные сорта высокоуглеродистой (инструментальной) и легированной стали (табл. 47), а также металлокерамические (твердые) сплавы.

Для обеспечения высокого качества стальных бронебойных сердечников и высокой бронепробиваемости имеет большое значение технологический процесс изготовления сердечников. Обычно сердечник изготовляется из прутковой заготовки путем механической обработки резанием с последующей термической обработкой. Другие способы изготовления — штамповка, электровытяжка и др. — не всегда обеспечивают высокое качество сердечника.

Для уменьшения остаточных внутренних напряжений после закалки и для повышения прочности стальные сердечники обычно подвергаются отпуску при невысокой температуре.

Благоприятные условия для сохранения прочности сердечника, а следовательно, и для пробития брони создаются при

высокой твердости головной части сердечника с постепенным снижением ее по длине в направлении к хвостовой части. Твердость готового стального сердечника составляет обычно 64—67 R_c. Для бронепробиваемости имеет значение также чистота обработки сердечника, особенно его головной части.

Таблица 47

Химический состав сталей броиебойных сердечников (%)

Марка стали	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
У12А	1,10—1,25	0,15—0,25	0,30	0,20	0,25	0,03	0,04
У12ХА	1,15—1,25	0,35	0.30	1,45—1,65	0,30	0,03	0,03

Металлокерамические сердечники изготовляются из порошкообразной смеси путем предварительного прессования и последующей выдержки при высокой температуре («спекания»). Основу таких смесей составляет обычно порошкообразный карбид вольфрама с добавкой 4—6% порошкообразного кобальта или никеля (табл. 48). Кобальт (или никель) плавится при высокой температуре и сваривает («спекает») зерна карбида вольфрама. Получается бронебойный сердечник весьма высокой твердости (87—90 R_c) и большой плотности (удельный вес 14,5—14,7 $г/см^3$).

Карбидовольфрамовые сердечники отличаются высокой стоимостью, что ограничивает их широкое применение.

Таблица 48

Химический состав твердых сплавов (%)

Номер сплава	W	C (общий)	C (свободный)	Ni	Co	Fe и др.
1	86,7—87,3	⩾5,3	⩽0,1	—	6,0—6,5	1,5
2	87—88	⩾5,2	⩽0,1	6,0	—	1,5
3	86,2—87	5,4—6,0	0,25	3,5—4,5	—	1,2

В бронебойных и других пулях с бронебойным сердечником применяются, как указывалось в предыдущем параграфе, рубашки, служащие мягкой опорой для оболочки и создающие необходимые условия для врезания пули в нарезы. Материал рубашки непременно должен обладать высокой пластичностью. Для этого применяется чистый свинец, без примеси сурьмы.

Остальные металлические элементы пуль (стаканчики, колечки и т. п.) изготовляются обычно из малоуглеродистой стали (иногда плакированной томпаком), позволяющей широко применять штамповку.

В трассирующих пулях применяются два состава: собственно трассирующий (основной) состав и воспламенительный (вспомогательный) состав.

К трассирующему составу предъявляются следующие требования: хорошая воспламеняемость от воспламенительного состава, большая сила света при небольшой скорости горения, хорошая спрессовываемость в трассере, отсутствие взрывчатых свойств, небольшой удельный вес, дешевизна и недефицитность.

Применяемые трассирующие составы представляют собой механические смеси горючего вещества и окислителя с добавкой склеивающего вещества (цементатора), замедлителя горения (флегматизатора) и в некоторых случаях специальных веществ для окраски пламени.

В качестве горючих веществ широкое применение получили алюминий, магний и сплавы этих металлов, обладающие большой активностью в соединении с кислородом и выделяющие большое количество тепловой (световой) энергии при горении.

В качестве окислителя применяются вещества, богатые кислородом и сравнительно легко отдающие его при высоких температурах: перекиси и окислы бария, кальция, стронция; хлораты и перхлораты бария, калия, натрия; нитраты бария, калия, натрия, стронция.

Широкое применение в качестве цементатора получил идитол, применяются также шеллак, канифоль и другие вещества, являющиеся вместе с тем горючими веществами.

В качестве флегматизатора иногда находят применение касторовое масло, парафин, вазелин и другие вещества, понижающие, наряду со скоростью горения, и чувствительность трассирующего состава к механическим воздействиям.

В зависимости от рецептуры состава получается различная окраска пламени. Соли бария с любым горючим придают светло-зеленую окраску пламени, соли стронция – красную, натрия – желтую. Предпочтение отдается красной окраске пламени, обеспечивающей хорошую видимость трассы как ночью, так и в яркую солнечную погоду днем.

К воспламенительным составам предъявляются несколько иные требования: хорошая воспламеняемость от пороховых газов при движении пули по каналу ствола; достаточно высокая температура горения, необходимая для надежного воспламенения трассирующего состава; высокая механическая прочность в запрессованном виде во избежание разрушения при тряске; негигроскопичность; отсутствие вредного влияния продуктов разложения на поверхность канала ствола; отсутствие (по воз-

можности) свечения при горении в целях лучшей маскировки оружия при стрельбе; невысокая скорость горения.

Существующие воспламенительные составы состоят обычно из тех же компонентов, что и трассирующие составы (табл. 49). К каждому трассирующему составу подбирается свой воспламенительный состав.

Таблица 49

Рецептура трассирующих и воспламенительных составов (%)

Компоненты	Основные составы					Вспомогательные составы	
Азотнокислый барий	63	—	42	69	12	48	48
Азотнокислый стронций	—	60	—	—	—	—	—
Перекись бария	—	—	30	—	67	30	—
Свинцовый сурик	—	—	—	—	—	—	28
Магний	15	23	22	31	20	13	15
Сплав магний—алюминий	15	6	—	—	—	—	—
Идитол	7	11	6	—	1	9	9

Пиротехнические зажигательные составы, получившие широкое применение в специальных пулях комбинированного действия, имеют обычно такой же состав и природу, как и трассирующие составы. Цементатор и флегматизатор применяются в зажигательных составах сравнительно редко вследствие особых условий его запрессовки (замкнутый объем) и отсутствия ограничения скорости горения.

Приводим для примера рецептуру двух составов:

— перхлорат калия (окислитель) 55% и сплав магния с алюминием (горючее) 45%;

— азотнокислый барий 50% и сплав магния с алюминием 50%.

§ 16. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ВЗВОДИМОСТИ ВЗРЫВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПУЛЬ

Безопасность спецпуль в обращении обеспечивается предохранителями, скрепляющими детали, от которых зависит действие ударного механизма. Освобождение таких деталей (взведение механизма) должно происходить при движении пули по каналу ствола или за дульным срезом, но не в условиях служебного обращения, что делало бы патроны опасными.

Взведение ударного механизма происходит обычно под действием продольных (линейных) или поперечных (центробежных) сил инерции. В зависимости от этого и предохранители делятся на инерционные (см. рис. 62) и центробежные (см. рис. 63).

Чтобы специальная пуля удовлетворяла требованиям безопасности и взводимости, необходимо, чтобы предохранители надежно

удерживали соответствующие детали во всех случаях служебного обращения и освобождали их при движении пули по каналу ствола или при вылете из него.

Различают предохранители жесткие и пружинные. Последние характерны тем, что они не получают остаточных деформаций под действием случайных сил при служебном обращении, а всегда восстанавливают свое положение под действием пружин и являются в этом отношении более безопасными в сравнении с жесткими предохранителями, не обладающими этим свойством.

Основной характеристикой инерционного предохранителя является его сопротивление R, т. е. усилие, которое необходимо приложить к удерживаемой им детали (в данном случае к ударнику), чтобы переместить ее в положение, отвечающее взведенному состоянию. Это сопротивление и должно удовлетворять условиям безопасности и взводимости

$$ap_1 \leqslant R \leqslant b\kappa_1 p_2, \tag{24}$$

где p_1 — вес наиболее тяжелой из удерживаемых предохранителем деталей, включая и сам предохранитель;

a — коэффициент безопасности;

p_2 — вес взводящей детали (обычно ею является сам предохранитель);

κ_1 — коэффициент линейной взводимости (максимальная сила инерции взводящей детали, отнесенная к ее весу);

b — коэффициент надежности взведения, учитывающий изменение максимального давления пороховых газов.

Допуская изменение сопротивления в определенных пределах от R_{min} до R_{max}, выражение (24) можно записать в виде:

$$a \leqslant \frac{R_{min}}{p_1} \div \frac{R_{max}}{p_2} \leqslant b\kappa_1. \tag{25}$$

Обычно задаются значениями коэффициента безопасности $a = 2000$ для жестких предохранителей и $a = 1500$ для пружинных предохранителей. Значение коэффициента надежности взведения обычно принимают $b = {}^2/_3$.

Коэффициент линейной взводимости определяется по максимальному давлению газов P_{max}, весу пули q и площади поперечного сечения канала ствола $n_s d^2$

$$\kappa_1 = \frac{1}{g}\left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} = \frac{1}{g} \cdot \frac{g}{q} P_{max} n_s d^2 = \frac{1}{q} P_{max} n_s d^2. \tag{26}$$

Характеристики предохранителя в простейшем случае (пружины) устанавливаются по значениям R_{min} и R_{max} расчетом, а в сложных случаях (жесткие предохранители) — опытным путем.

Отношение $\frac{R_{max}}{R_{min}}$ характеризует необходимую точность изготовления инерционного предохранителя. Чем больше это отношение, тем с меньшей точностью может быть изготовлен предохранитель и, наоборот, чем ближе это отношение к единице, тем выше должна быть точность изготовления. При очень узких допустимых пределах изменения сопротивления

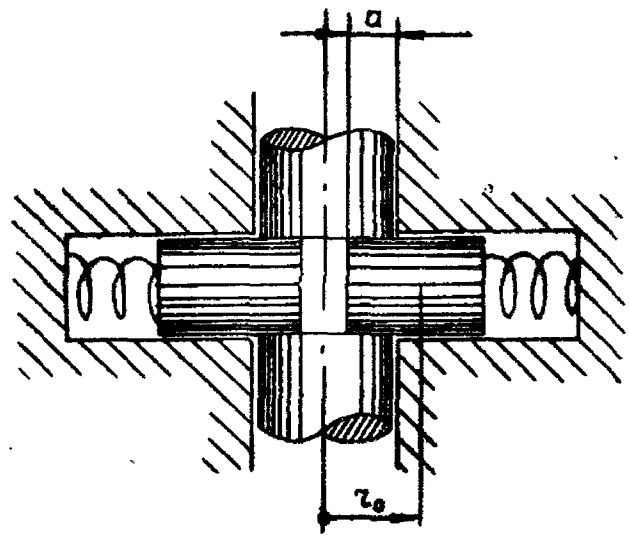

Рис. 67. Центральный предохранитель (схема размеров).

предохранителя производство его может оказаться практически невозможным без большого количества брака. Эти трудности не возникают при соотношениях:

$R_{max} \geqslant 1{,}4 R_{min}$ — для жесткого предохранителя и

$R_{max} \geqslant 1{,}2 R_{min}$ — для пружинного предохранителя.

Механизм взрывателя с центробежным предохранителем схематично показан на рис. 67. Центробежные предохранители, как правило, являются пружинными (находятся под действием пружин). Условие безопасности и взводимости для этого типа предохранителей записывается в виде:

$$\alpha p (r_0 + a) \leqslant R \leqslant \beta \kappa_2 p (r_0 + a), \qquad (27)$$

где α — коэффициент безопасности;

p — вес взводящей детали (самого предохранителя);

r_0 — расстояние от оси вращения до центра тяжести предохранителя (стопора);

a — путь стопора до момента освобождения удерживаемой детали (ударника);

β — коэффициент надежности взведения, учитывающий изменение начальной скорости пули;

κ_2 — коэффициент центробежной взводимости (максимальная центробежная сила стопора, отнесенная к произведению его веса на расстояние до оси вращения).

Поделив все части условий (27) на произведение $p(r_0 + a)$, получим

$$\alpha \leqslant \frac{R}{p(r_0+a)} \leqslant \beta\kappa_2. \tag{28}$$

Значение коэффициента безопасности определяется из условия качения пули (патрона) по наклонной плоскости или падения ее с определенной высоты на наклонную плоскость, что не исключено в условиях служебного обращения с боеприпасами.

При скатывании (падении) с высоты H пуля совершает работу qH, равную сумме живых сил поступательного и вращательного движений,

$$qH = \frac{q}{g} \cdot \frac{v_к^2}{2} + I_A \frac{\omega_к^2}{2}, \tag{29}$$

где $v_к$ — скорость поступательного движения пули, равная при отсутствии скольжения касательной скорости,

$$v_к = \frac{d}{2} \omega_к;$$

$\omega_к$ — угловая скорость;

I_A — полярный момент инерции, принимаемый обычно

$$I_A = \mu \frac{q}{g} \cdot \frac{d^2}{4} = \frac{q}{g} \cdot \frac{d^2}{8}.$$

Подставляя значения $v_к$ и I_A в выражение (29), получим

$$\omega_к^2 = \frac{16}{3} \cdot \frac{gH}{d^2}.$$

Центробежная сила, развивающаяся при скатывании пули, будет

$$\alpha p(r_0 + a) = \frac{p}{g}(r_0 + a)\omega_к^2 = \frac{p}{g}(r_0 + a)\frac{16}{3} \cdot \frac{gH}{d^2},$$

откуда

$$\alpha = \frac{16}{3} \cdot \frac{H}{d^2}. \tag{30}$$

Таким образом, коэффициент безопасности определяется калибром и высотой скатывания (падения) пули. Например, при $H = 10$ *м* и $d = 14{,}5$ *мм*

$$\alpha = \frac{16}{3} \cdot \frac{1000}{1{,}45^2} = 2550 \ 1/см,$$

Коэффициент центробежной взводимости определяется максимальной угловой скоростью вращения пули при выстреле

$$\kappa_2 = \frac{1}{g}\omega_д^2 = \frac{1}{g}(2\pi)^2\frac{v_д^2}{h^2},$$

где h — шаг нарезов;

$v_д$ — дульная скорость пули.

Коэффициент надежности взведения принимается обычно

$$\beta = 0{,}80 - 0{,}85.$$

Условия (28) позволяют определить допустимое сопротивление и характеристики пружины центробежного предохранителя, необходимые для обеспечения безопасности и надежной взводимости, например

$$R = \eta(a + \lambda_0),$$

где λ_0 — предварительное поджатие пружины;

η — коэффициент жесткости пружины;

a — рабочий ход пружины.

Характеристики пружины, соответствующие заданному значению R, могут быть подобраны опытным путем, что обычно и делается на практике*.

§ 17. ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПУЛЬ ПРИ ПОЛЕТЕ В ВОЗДУХЕ

Под устойчивостью понимается свойство пули (снаряда) сопротивляться внешним силам, которые действуют в направлении отклонения ее продольной геометрической оси от касательной к траектории. Если угол, составленный продольной осью пули и касательной к траектории центра тяжести, увеличивается в результате действия внешних сил, то пуля считается неустойчивой в полете. Если указанный угол, получившийся в силу каких-то причин, уменьшается, то пуля считается устойчивой.

К числу внешних сил, действующих на пулю при полете в воздухе, относятся сила сопротивления воздуха R и сила веса пули q (рис. 68). Точку приложения силы сопротивления воздуха, как равнодействующей поверхностных сил, называют центром сопротивления (ц. с.)**.

Сила сопротивления воздуха направлена под некоторым углом α относительно касательной к траектории. Действие этой силы становится более ясным, если привести ее к центру

---

* Здесь даются самые общие указания о безопасности и взводимости. Для более глубокого знакомства с этим вопросом следует обратиться к специальной литературе по взрывателям.

** Эту точку иногда называют центром давления или центром парусности.

тяжести пули (ц. т.). Приложив к центру тяжести две силы, равные по величине силе R и направленные в противоположные стороны, и разложив одну из них на две составляющие, получим систему сил $R_т$, R_N, q, приложенных к центру тяжести, и пару сил RR, опрокидывающих пулю в плоскости чертежа.

Сила q, как известно, вызывает понижение пули в полете, следствием чего является искривленный характер траектории в плоскости стрельбы. Сила $R_т$, называемая лобовым сопротивлением, вызывает замедление полета пули, в результате чего

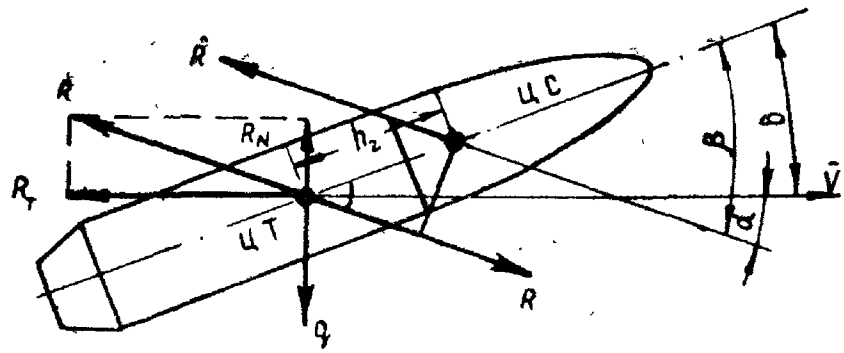

Рис. 68. Силы, действующие на пулю при полете в воздухе.

нисходящая ветвь траектории короче восходящей. Сила R_N, называемая нормальной (боковой) силой, вызывает смещение центра тяжести от касательной к траектории. Поскольку схема, показанная на рис. 68, вращается вокруг касательной к траектории (за исключением силы q, которая сохраняет направление и величину), постольку центр тяжести в результате действия силы R_N описывает винтовую (спиральную) линию вокруг той же касательной. Пара сил, момент которой

$$M = Rh_z \sin\beta \approx Rh_z\beta, \qquad (31)$$

как уже указывалось, стремится повернуть пулю в плоскости чертежа вокруг центра тяжести, отклонить ее геометрическую ось от касательной к траектории, увеличить угол нутации δ и нарушить устойчивый полет пули. Этот момент называется опрокидывающим.

На практике получили применение два способа обеспечения устойчивости снарядов при полете в воздухе.

Первый способ сводится к резкому смещению центра сопротивления (ц. с.) назад, за центр тяжести (ц. т.). В этом случае момент (31) перестает быть опрокидывающим и становится стабилизирующим. Он возникает всякий раз, как только ось снаряда оказывается отклоненной от касательной к траектории. Резкое смещение центра тяжести назад удается с помощью оперения (стабилизатора). Так обеспечивается устойчивость мин, авиабомб и невращающихся реактивных снарядов.

Второй способ обеспечения устойчивости сводится к сообщению пуле (снаряду) большой угловой скорости вращения

вокруг продольной геометрической оси. В этом случае действие опрокидывающего момента (31) не вызывает увеличения угла нутации δ и опрокидывания пули в полете, а приводит к прецессии, т. е. повороту оси пули вокруг касательной к траектории.

Вращательное движение пули (снаряда) достигается приданием нарезам ствола необходимого наклона (крутизны).

Угол наклона нарезов может быть постоянным по длине ствола (нарезы постоянной крутизны) и переменным, увеличивающимся по мере движения по каналу ствола от казенной части к дульной (нарезы прогрессивной крутизны).

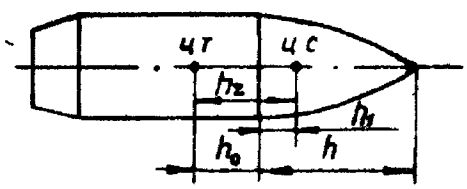

Рис. 69. Схема размеров пули.

Прогрессивными нарезы делаются с целью уменьшения давления ведущего устройства (оболочки) на боевую грань и уменьшения таким образом износа нарезной части ствола. Углу наклона нарезов в дульной части $\alpha_д$ соответствует определенная длина хода (шаг) нарезов η_1, выраженная в калибрах, которую получают расчетным путем из условия обеспечения устойчивого полета пули. Эти величины связаны зависимостью

$$\operatorname{tg}\alpha_д = \frac{\pi}{\eta_1}. \qquad (32)$$

В курсах внешней баллистики [14] выводится следующая формула для длины хода нарезов, обеспечивающей нормальную устойчивость пули (снаряда) при полете в воздухе:

$$\eta_1 = a\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{I_A}{I_B}\cdot\frac{\mu}{Z}\cdot\frac{c_q}{\kappa_м}}, \qquad (33)$$

где $a < 1$ — коэффициент запаса устойчивости;

I_A — полярный момент инерции пули (относительно продольной геометрической оси);

I_B — экваториальный момент инерции пули (относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести);

$\mu = \frac{4gI_A}{qd^2}$ — квадрат отношения радиуса инерции пули к полукалибру;

$Z = \frac{h_Z}{d}$ — расстояние между ц. т. пули и ц. с. воздуха в калибрах, определяемое по формуле Гобара (рис. 69),

$$Z = \frac{h_0 + 0{,}57\,h}{d} - 0{,}16;$$

$c_q = \frac{q}{d^3}$ — коэффициент веса пули;

$\kappa_м$ — аэродинамическая функция опрокидывающего момента; определяемая опытным путем,

$$\kappa_м = \kappa_{м\,т} \sqrt{\frac{l}{4{,}5}},$$

где l — длина пули в калибрах, а значения функции $\kappa_{м\,т}$ по Д. А. Вентцелю для пуль длиной 4,5 калибра приводятся в табл. 50.

Таблица 50

Значения фуикции $\kappa_{м\,т}$

v м/сек	$\kappa_{м\,т}10^3$	v м/сек	$\kappa_{м\,т}10^3$	v м/сек	$\kappa_{м\,т}10^3$
0—200	0,97	400	1,39	750	1,33
250	1,00	450	1,39	800	1,32
275	1,05	500	1,38	850	1,31
300	1,13	550	1,37	900	1,31
325	1,24	600	1,35	950	1,31
350	1,32	650	1,34	1000	1,30
375	1,36	700	1,33	1050	1,30
400	1,39	750	1,33	1100	1,30

При этих значениях функции $\kappa_{м\,т}$ рекомендуется брать для артиллерийских снарядов $a = 0{,}75$. Для пуль можно брать $a = 0{,}85$, сохраняя нормальную их устойчивость.

Рассмотрим особые случаи применения формулы для определения длины хода нарезов.

При стрельбе с самолета по курсу вперед, характерной для ведения огня истребителем, скорость снаряда относительно земли (воздуха) будет складываться из скорости снаряда относительно оружия (самолета) $v_д$ и скорости самолета $v_с$. Эта скорость $(v_д + v_с)$ определяет сопротивление воздуха, включая и функцию $\kappa_м$ (обозначим ее для этого случая $\kappa_{м\,с}$). Вращение же пули определяется скоростью $v_д$. Поэтому формула для длины хода нарезов примет вид:

$$\eta = \frac{v_д}{v_д + v_с}\, a\, \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{I_A}{I_B} \cdot \frac{\mu}{Z} \cdot \frac{c_q}{\kappa_{мс}}}. \qquad (34)$$

Как видно из формулы (34), для авиационного оружия, стреляющего по курсу самолета вперед, длина хода нарезов должна быть меньше в сравнении с наземным оружием в зависимости от скорости самолета*.

* Наихудшие условия для обеспечения устойчивости пули будут при стрельбе с самолета под углом 90° к курсу, однако со скоростных самолетов (истребителей) такая стрельба не ведется.

Заметим, что наибольшее значение функция $\kappa_{м\,с}$ имеет на малой высоте (около земли) и что эта функция мало меняется с небольшим изменением скорости, поэтому можно считать $\kappa_{м\,с} = \kappa_м$ и принять

$$\eta_с = \frac{v_д}{v_д + v_с}\eta. \qquad (35)$$

Если, например, при стрельбе на земле обеспечивается устойчивость пули, имеющей начальную скорость 1000 *м/сек*, при длине хода нарезов $\eta = 30$ калибров, то при стрельбе с самолета, имеющего скорость полета 300 *м/сек* на малой высоте, потребуется длина хода нарезов

$$\eta_с = \frac{1000}{1300}\eta = 23 \text{ калибра}.$$

При использовании существующей пули, для которой известна длина хода нарезов η_1, обеспечивающая нормальную устойчивость ее при скорости v_1, для стрельбы с другой скоростью v_2 потребуется другая длина хода нарезов. Как следует из формулы (33), она должна быть определена так:

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{\kappa_{м1}}{\kappa_{м2}}}\,\eta_1, \qquad (36)$$

где $\kappa_{м1}$, $\kappa_{м2}$ — значения функции $\kappa_м$, определенные для скоростей v_1 и v_2 соответственно.

Для скоростей пули свыше 400 *м/сек* при $v_2 > v_1$ $\kappa_{м2} < \kappa_{м1}$ и $\eta_{l2} > \eta_{l1}$, т. е. с увеличением начальной скорости пули требуется и большая длина хода нарезов, хотя увеличение и незначительно, если учесть медленное изменение функции $\kappa_м$ со скоростью пули.

В случае применения подкалиберного снаряда с отделяющимся поддоном в формулу (33) должны войти характеристики снаряда (сердечника) без поддона. Тогда длина хода нарезов будет получена в диаметрах сердечника $d_с$, а не в калибрах d. Перейти к длине хода нарезов в калибрах можно, сохранив угловую скорость вращательного движения сердечника или шаг нарезов

$$\eta d_с = \eta' d,$$

откуда

$$\eta' = \frac{d_с}{d}\eta. \qquad (37)$$

Пример. Определим длину хода нарезов, необходимую для обеспечения устойчивости 14,5-*мм* пули Б-32 при следующих данных:

$$q = 63{,}6\ Г;\ I_A = 0{,}0156\ Гсмсек^2;\ I_B = 0{,}155\ Гсмсек^2;$$

$$v_0 = 1000\ м/сек;\ \mu = 0{,}46;\ c_q = 20{,}8\ Г/см^3;$$

$$Z = 1{,}63;\ \kappa_м = 0{,}0013.$$

Приняв $a = 0{,}85$, по формуле (33) получим

$$\eta = 0{,}85\frac{3{,}14}{2}\sqrt[3]{\frac{0{,}0156}{0{,}155}\cdot\frac{0{,}46}{1.63}\cdot\frac{20{,}8}{0.0013}} = 28{,}4 \text{ калибра},$$

что практически совпадает с существующей длиной хода нарезов (29 калибров).

Для стрельбы с истребителя, имеющего скорость 300 *м сек*, по формуле (35) потребуется длина хода нарезов 22 калибра. Если бы эта пуля выпускалась из 20-*мм* системы с помощью поддона, потребовалась бы длина хода нарезов по формуле (37)

$$\eta_1' = \frac{14{,}5}{20}28{,}4 = 21 \text{ калибр}.$$

Для определения длины хода нарезов необходимо знать динамические характеристики пули.

§ 18. РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЛЬ

Под динамическими характеристиками пули понимаются вес пули, положение ее центра тяжести относительно донного среза, полярный и экваториальный моменты инерции.

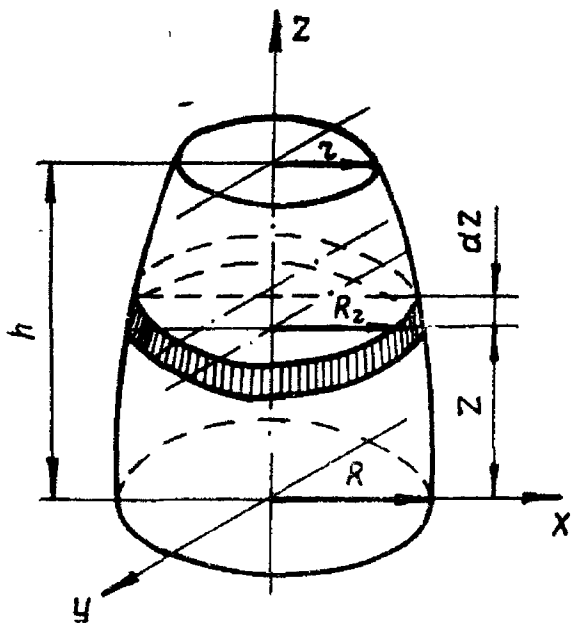

Рис. 70. Произвольный участок элемента пули.

Для определения этих характеристик условимся различать в пуле:

— элементы — однородные части пули (оболочка, сердечник, рубашка и т. п.);

— участки элементов пули.

Все последующие расчеты относятся к участкам элементов пули, поэтому целесообразно определять вместо веса участка элемента его объем, вместо моментов инерции массы — моменты инерции объема; это несколько упрощает вычисления. Переход от объемных характеристик к весовым легко осуществляется путем учета плотности материала.

Объемные характеристики произвольного участка элемента пули (рис. 70) определяются следующими зависимостями:

объем

$$v_i = \int_0^h \pi R_Z^2\, dZ; \qquad (38)$$

положение центра объема

$$Z_i = \frac{\int_0^h \pi R_Z^2 \, Z dZ}{v_i}; \tag{39}$$

полярный момент инерции объема

$$A_i = \int_0^h \frac{\pi}{2} R_Z^4 \, dZ; \tag{40}$$

экваториальный момент инерции объема

$$B_i = \frac{1}{2} A_i + \left(\int_0^h \pi R_Z^2 Z^2 dZ - v_i Z_i^2 \right) + v_i l_i^2 . \tag{41}$$

Последняя зависимость получается последовательным переносом осей. Сначала определяется момент инерции B_i'' относительно оси, проходящей через основание участка элемента. Для этого используется известная теорема механики: момент инерции тела относительно взятой оси равен сумме моментов инерции относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей, пересекающихся по данной оси, т. е.

$$B_i'' = B_0 + A_м, \tag{42}$$

где B_0 — момент инерции относительно экваториальной плоскости (основания);

$A_м$ — момент инерции относительно меридиональной плоскости.

Применяя эту же теорему к полярному моменту инерции, получим

$$A_i = 2A_м, \text{ откуда } A_м = \frac{1}{2} A_i.$$

Момент инерции относительно плоскости большого основания

$$B_0 = \int_0^h \pi R_Z^2 Z^2 dZ.$$

Подставляя полученные выражения для $A_м$ и B_0 в выражение (42), получим

$$B_i'' = \frac{1}{2} A_i + \int_0^h \pi R_Z^2 Z^2 dZ. \tag{43}$$

Переходя к оси, проходящей через центр тяжести участка элемента, получим

$$B_i' = B_i'' - v_i Z_i^2 ,$$

а затем перейдя к оси, проходящей через центр тяжести пули, найдем

$$B_i = B_i' + v_i l_i^2 = B_i'' - v_i Z_i^2 + v_i l_i^2 .$$

Если теперь учесть выражение (43), то и получим написанное ранее выражение (41).

Существуют различные способы вычисления динамических характеристик по общим выражениям (38) — (41). Наиболее распространенным является способ В. М. Трофимова, получивший название основного способа.

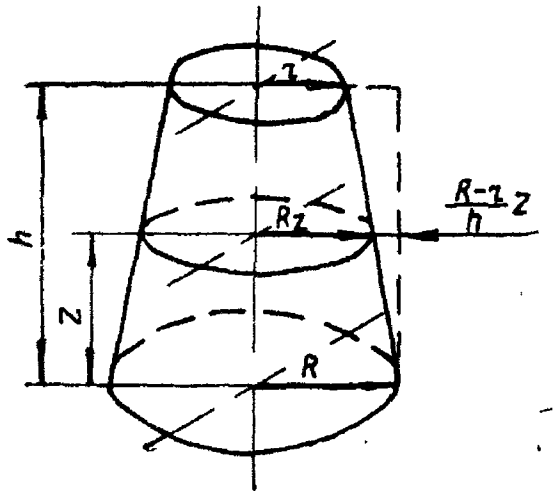

Рис. 71. Конусный участок элемента пули.

Если взять достаточно короткий участок элемента, то его можно представить в виде усеченного конуса (рис. 71), любой радиус боковой поверхности которого определяется зависимостью

$$R_Z = R_i - \frac{R_i - r_i}{h_i} Z.$$

Объем усеченного конуса получается из общего выражения (38) после подстановки в него выражения для радиуса R_Z

$$v_i = \frac{\pi h_i}{3}\left(R_i^2 + R_i r_i + r_i^2\right).$$

Введя обозначение $\rho = \frac{r_i}{R_i}$, получим

$$v_i = \frac{1}{3}\pi R_i^2 \, h_i (1 + \rho + \rho^2)$$

или

$$v_i = \alpha R_i^2 h_i, \qquad (44)$$

где

$$\alpha = \frac{\pi}{3}(1 + \rho + \rho^2).$$

Значения коэффициента α находятся по таблицам В. Г. Гаврилова (приложение 2) с входной величиной ρ. Для цилиндра $\rho = 1$ и $\alpha = \pi$; для полного конуса $\rho = 0$ и $\alpha = \frac{\pi}{3}$ для усеченного конуса $\frac{\pi}{3} < \alpha < \pi$.

Положение центра тяжести усеченного конуса относительно большего основания определяется аналогичным образом. Подставив выражения для R_Z, v_i в выражение (39), получим

$$Z_i = \frac{\frac{1}{12}\pi R_i^2 h_i^2 (1 + 2\rho + 3\rho^2)}{\alpha R_i^2 h_i}$$

или

$$Z_i = \beta h_i, \tag{45}$$

где $$\beta = \frac{1}{4} \cdot \frac{1 + 2\rho + 3\rho^2}{1 + \rho + \rho^2}.$$

Значения коэффициента β определяются также по таблицам Гаврилова. Для цилиндра $\rho = 1$ и $\beta = \frac{1}{2}$; для полного конуса $\rho = 0$ и $\beta = \frac{1}{4}$; для усеченного конуса $\frac{1}{4} < \beta < \frac{1}{2}$.

Полярный момент инерции получаем таким же образом:

$$A_i = \frac{\pi}{10} R_i^4 (1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \rho^4) h_i.$$

Учитывая, что по выражению (44)

$$R_i^2 h_i = \frac{v_i}{\alpha},$$

получаем

$$A_i = \frac{\pi}{10} R_i^2 v_i \frac{1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \rho^4}{\alpha}$$

или

$$A_i = \mu v_i R_i^2, \tag{46}$$

где $$\mu = 0{,}3 \frac{1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \rho^4}{1 + \rho + \rho^2}.$$

Значения μ определяются по аналогичным таблицам и находятся в пределах $0{,}3 < \mu < 0{,}5$.

Аналогичным образом определяется экваториальный момент инерции. Входящий в выражение (41) интеграл будет

$$\int_0^h \pi R_Z^2 Z^2 dZ = \frac{\pi}{30} R_i^2 h_i^3 (1 + 3\rho + 6\rho^2).$$

Из выражения (44) имеем $R_i^2 h_i = \frac{v_i}{\alpha}$. Тогда

$$\int_0^h \pi R_Z^2 Z^2 dZ = v_i h_i^2 \frac{1 + 3\rho + 6\rho^2}{10(1 + \rho + \rho^2)}.$$

В скобках выражения (41) имеем

$$\int_0^h \pi R_Z^2 Z^2 dZ - v_i Z_i^2 = v_i h_i^2 \left[\frac{1 + 3\rho + 6\rho^2}{10(1 + \rho + \rho^2)} - \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{1 + 2\rho + 3\rho^2}{1 + \rho + \rho^2} \right)^2 \right]$$

или

$$\int_0^h \pi R_Z^2 Z^2 dZ - v_i Z_i^2 = \nu v_i h_i^2 \ .$$

Подставляя это выражение в выражение (41), получим

$$B_i = \frac{1}{2} A_i + \nu v_i h_i^2 + v_i l_i^2 \ , \qquad (47)$$

где

$$\nu = \frac{3}{80} \frac{(1 + \rho)^4 + 4\rho^2}{(1 + \rho + \rho^2)^2} \ .$$

Значения ν находятся в пределах $\frac{3}{80} < \nu < \frac{1}{12}$.

Выведенные для усеченного конуса формулы позволяют вычислить динамические характеристики отдельных участков пули, ограниченных цилиндрическими или коническими поверхностями. С достаточным приближением этими формулами можно пользоваться и для расчета динамических характеристик всех участков пуль и снарядов, включая оживальную часть. В этом случае оживальная часть представляется состоящей из нескольких усеченных конусов, т. е. упрощается ее очертание, чем снижается точность вычислений.

В целях повышения точности и сокращения вычислений при расчете динамических характеристик оживальной части применяются отдельные формулы, имеющие такой же вид, как и формулы для усеченного конуса, и позволяющие сделать вычисление для всей оживальной части как одного отдельного участка.

От предыдущего расчета этот расчет отличается тем, что интегралы общих выражений вычисляются с радиусом не усеченного конуса, а действительной оживальной части.

Если оживальная часть образована вращением дуги окружности радиуса γ, центр которой находится в плоскости основания оживальной части ($\xi = 0$), то радиус оживала определяется по соотношению сторон прямоугольного треугольника (рис. 72,*а*)

$$Z^2 + (b + R_Z)^2 = \gamma^2,$$

откуда

$$R_Z = \sqrt{\gamma^2 - Z^2} - b = \sqrt{\gamma^2 - Z^2} - \sqrt{\gamma^2 - h^2} \ .$$

Подставив выражение для R_Z в общие выражения и произведя интегрирование, получим

$$v_i = \alpha' R_i^2 h_i; \tag{48}$$

$$Z_i = \beta' h_i; \tag{49}$$

$$A_i = \mu' v_i R_i^2; \tag{50}$$

$$B_i = \frac{1}{2} A_i + \nu' v_i h_i^2 + v_i l_i^2 . \tag{51}$$

Значения коэффициентов α', β', μ', ν' определяются по таблицам для оживальной части с входной величиной $\frac{h}{R}$ (приложение 2).

Таким образом, рабочие формулы для определения динамических характеристик оживальной части при $\xi = 0$ одинаковы по структуре с формулами для усеченного конуса, а расчеты ничем не отличаются от расчета динамических характеристик усеченного конуса.

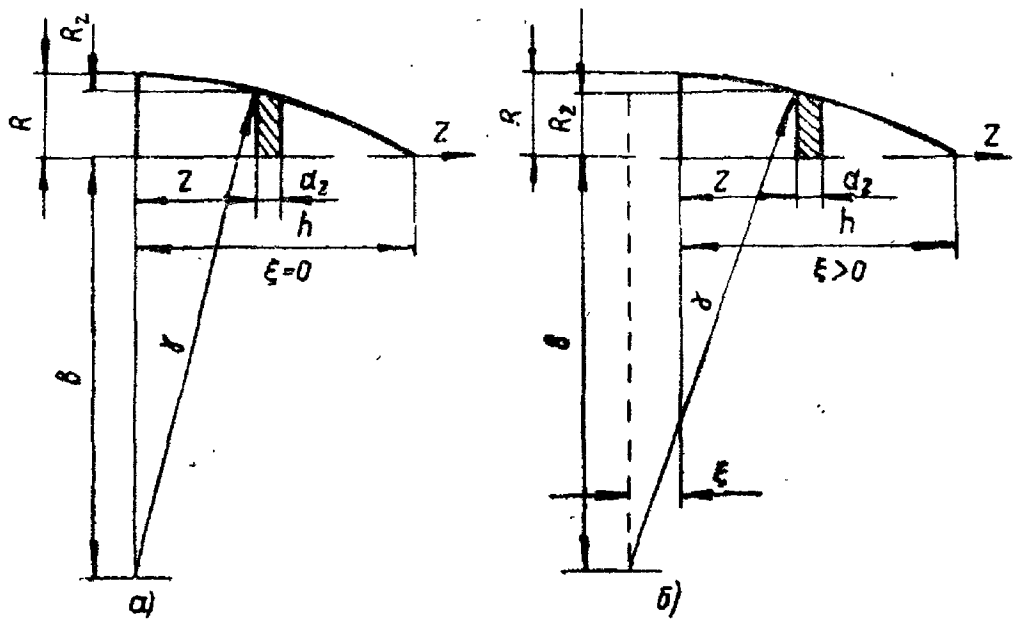

Рис. 72. Очертания оживальной части пули.

Если оживальная часть образована вращением дуги окружности, центр которой смещен от плоскости основания (рис. 72,*б*), то радиус оживала определяется выражением

$$R_Z = \sqrt{\gamma^2 - (Z + \xi)^2} - b.$$

Подставляя это выражение в общие выражения для динамических характеристик, получим расчетные формулы, в которые войдет величина смещения ξ наряду с величинами h и R. Такие формулы даются В. М. Трофимовым, однако они громоздки и

неудобны в практике расчетов. Н. Г. Меньшиковым [9] для расчета динамических характеристик оживальной части при $\xi>0$ предложены поправочные коэффициенты к расчетным формулам (48)–(51):

$$v_i = \kappa_1 \alpha' R_i^2 h_i; \tag{52}$$

$$Z_i = \kappa_2 \beta' h_i; \tag{53}$$

$$A_i = \kappa_3 \mu' v_i R_i^2; \tag{54}$$

$$B_i = \kappa_4 \left(\frac{1}{2} A_i + \nu' v_i h_i^2 \right) + v_i l_i^2. \tag{55}$$

Значения поправочных коэффициентов κ_1, κ_2, κ_3, κ_4, представляющие собой отношения соответствующих динамических характеристик при $\xi = 0$ и $\xi > 0$, приводятся в приложении 3.

Полученные формулы сведены в табл. 51.

Таблица 51

Формулы для определения динамических характеристик пуль

Характеристики \ Очертание участка	Усеченный конус	Оживальная часть	
		$\xi = 0$	$\xi > 0$
Объем	$v = \alpha R^2 h$	$v = \alpha' R^2 h$	$v = \kappa_1 \alpha' R^2 h$
Положение центра объема отиосительно большего основания	$Z = \beta h$	$Z = \beta' h$	$Z = \kappa_2 \beta' h$
Полярный момент инерции объема	$A = \mu v R^2$	$A = \mu' v R^2$	$A = \kappa_3 \mu' v R^2$
Экваториальный момент инерции объема	$B = \frac{1}{2} A + \nu v h^2 + v l^2$	$B = \frac{1}{2} A + \nu' v h^2 + v l^2$	$B = \kappa_4 \left(\frac{1}{2} A + \nu' v h^2 \right) + v l^2$

l — расстояние между центром тяжести рассчитываемого участка элемента и центром тяжести пули;

α, β, μ, ν — коэффициенты, определяемые по таблицам (приложение 2) с входной величиной $\rho = r/R$;

α', β', μ', ν' — то же с входной величиной $\rho' = \frac{h}{R}$;

κ_1, κ_2, κ_3, κ_4 — коэффициенты, определяемые по таблицам (приложение 3) с входными величинами ξ/d и h/d.

Непосредственное вычисление характеристик по полученным расчетным формулам может быть произведено тремя путями:

1) суммированием получаемых величин по участкам пули (снаряда);

2) суммированием получаемых величин по элементам пули;

3) комбинированным суммированием по участкам и элементам.

Наиболее удобным при проектировании пуль является третий путь, применительно к которому ниже и приводится объем необходимых вычислений.

1. Прежде всего вычерчивают эскизный чертеж пули с простановкой размеров и намечают характерные участки пули, подлежащие расчету, например, оживальную часть, ведущую (цилиндрическую) часть, коническую хвостовую часть и т. п. Размер длины ведущей части пули не проставляется; он устанавливается при расчете веса пули.

2. В соответствии с намеченными участками составляется форма расчета, в которой для каждого участка пули отводится необходимое количество столбцов в зависимости от сложности пули. Например, для свинцовооболочечной пули достаточно иметь два столбца — для характеристик, определенных по наружному очертанию пули и по внутреннему очертанию оболочки (очертанию сердечника). Для пуль типа Б-30 или Б-32 потребуется три столбца: для наружного очертания участка, внутреннего очертания оболочки (наружного очертания рубашки) и внутреннего очертания рубашки (очертания сердечника).

3. Для каждого наружного и внутреннего очертания данного участка пули из эскиза определяются величины h, h^2, R^2, а также входные величины $\rho = \frac{r}{R}$, $\rho' = \frac{h}{R}$ и коэффициенты α, β, μ, ν, α', β', μ', ν', κ_1, κ_2, κ_3, κ_4. Все эти величины должны быть внесены в форму расчета.

4. По расчетным формулам вычисляется объем каждого элемента на каждом участке i по наружному и внутреннему очертаниям как разность полученных объемов

$$v_i = v_н - v_в,$$

за исключением цилиндрического (ведущего) участка, длина которого пока неизвестна.

Вес каждого участка пули (головной части, хвостовой части) определяется как сумма произведений объемов элементов на участке на соответствующие удельные веса материала элементов:

$$q_i = v_{i1}\gamma_1 + v_{i2}\gamma_2 + \ldots .$$

Если теперь от заданного веса пули отнять вес оживальной части и вес хвостовой части, то получается тот вес Δq, который должна иметь цилиндрическая часть. Это дает возможность определить длину ведущей части H, при которой вес пули равен заданному:

$$H = \frac{\Delta q}{s_1\gamma_1 + s_2\gamma_2 + \ldots},$$

где s — площадь поперечного сечения отдельного элемента пули на цилиндрическом участке;

γ — удельный вес материала элемента.

Если имеется необходимость, то теперь можно определить объемы и веса отдельных элементов пули, т. е. $v_э = \Sigma v_i$ и $q_э = v_э \gamma_э$, беря необходимые величины из формы расчета. Такая потребность возникает при разработке технологического процесса изготовления пули и ее элементов.

5. По соответствующим формулам определяется положение центра объема каждого элемента на каждом участке по наружному и внутреннему очертаниям относительно большего основания участка. Полученные ранее величины объемов умножаются на соответствующие расстояния между центром объема участка элемента и дном пули. Вычитая для каждого элемента величины моментов по внутреннему очертанию из величин моментов по наружному очертанию, получим моменты элементов для каждого участка M_i.

Для элемента пули в целом момент определится как сумма $M_э = \Sigma M_i$. Умножая полученные величины на соответствующие величины удельного веса, получим момент веса пули

$$M = \Sigma M_э \gamma_э.$$

По величине момента веса пули определяется положение ее центра тяжести относительно донного среза

$$Z_c = \frac{M}{q}.$$

6. Аналогично поступают при вычислении полярного момента инерции: по формулам определяют величину A для каждого участка по наружному и внутреннему очертаниям. Взяв для участка элемента разность величин A, определенных по наружному и внутреннему очертаниям, получим моменты для участков элементов A_i. Для элемента пули в целом $A_э = \Sigma A_i$.

От момента инерции объема можно перейти к моменту инерции массы, учитывая плотность материала каждого элемента. Момент инерции пули определится как сумма моментов инерции элементов

$$I_A = \Sigma A_э \frac{\gamma_э}{g}.$$

7. Аналогичным образом определяется экваториальный момент инерции, с той лишь разницей, что по формуле (47) определяется величина

$$B' = B - \frac{1}{2} A = \nu v h^2 + v l^2.$$

Определив для каждого участка элемента эту величину (неполный момент инерции) по наружному и внутреннему очерта-

ниям и вычтя одну из другой, получим B'_i. Для элемента пули имеем $B'_э = \Sigma B'_i$. Экваториальный момент инерции пули будет

$$I_B = \Sigma B'_э \frac{\gamma_э}{g} + \frac{1}{2} I_A.$$

Таков общий объем работ при вычислении динамических характеристик пуль способом В. М. Трофимова. Форма и детали расчета могут несколько меняться по усмотрению расчетчика.

Кроме способа Трофимова, существуют так называемые численные способы расчета динамических характеристик, основанные на применении приближенных формул, по которым вычисляются квадратуры, — формулы трапеций, формулы парабол и т. д.

Пулю вычерчивают по возможности точно в увеличенном масштабе и разбивают сечениями на несколько одинаковых по длине участков. Для каждого сечения снимают с чертежа размеры элементов, по которым и производят определение динамических характеристик.

Формула трапеций имеет следующий вид:

$$\int_{x_0}^{x_n} y dx = \frac{x_n - x_0}{n}\left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \ldots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2}\right),$$

где $\frac{x_n - x_0}{n} = h$ — расстояние между сечениями (промежуток, шаг);

n — число промежутков на интервале интегрирования;

y_i — значения функции на концах промежутка.

Для объема элемента пули по наружной и внутренней поверхностям формула трапеций должна быть записана в следующем виде:

$$v_н = \int_0^l \pi R_Z^2 dZ = \pi h\left(\frac{R_0^2}{2} + R_1^2 + R_2^2 + \ldots + R_{n-1}^2 + \frac{R_n^2}{2}\right),$$

$$v_в = \int_0^l \pi r_Z^2 dZ = \pi h\left(\frac{r_0^2}{2} + r_1^2 + r_2^2 + \ldots + r_{n-1}^2 + \frac{r_n^2}{2}\right),$$

где R, r — наружный и внутренний радиусы;

$h = \frac{l}{n}$; l — длина элемента пули.

Объем элемента пули определится как разность объемов по наружному и внутреннему очертаниям: $v_э = v_н - v_в$. Вес элемента пули $q_э = v_э \gamma_э$; вес пули $q = \Sigma q_э$.

Положение центра тяжести пули относительно ее донного среза имеет выражение

$$Z_c = \frac{\Sigma M_э \gamma_э}{q},$$

где $M_э = \int_0^l \pi R_Z^2 Z dZ$ — момент объема элемента.

Формула трапеций для момента объема элемента должна быть записана в виде:

$$M_{э\,н} = \pi h^2 \left[\frac{0 \cdot R_0^2}{2} + 1 \cdot R_1^2 + 2R_2^2 + \ldots + (n-1)R_{n-1}^2 + \frac{nR_n^2}{2} \right],$$

$$M_{э\,в} = \pi h^2 \left[\frac{0 \cdot r_0^2}{2} + 1 \cdot r_1^2 + 2r_2^2 + \ldots + (n-1)r_{n-1}^2 + \frac{nr_n^2}{2} \right].$$

В итоге $M_э = M_{э\,н} - M_{э\,в}$.

Аналогичным образом можно рассчитать и другие динамические характеристики пули. При расчете полезно пользоваться заранее заготовленным бланком, форма которого может быть выбрана по усмотрению расчетчика. Точность расчета характеристик по формуле трапеций определяется длиной выбранного участка. Чем меньше длина участка (чем больше число участков), тем точнее расчеты.

Более точные результаты расчетов при том же числе участков получаются при использовании **формулы парабол**, которая имеет вид:

$$\int_{x_0}^{x_n} y dx = \frac{x_n - x_0}{3n} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + \ldots + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n).$$

Расчет динамических характеристик по этой формуле в принципе ничем не отличается от расчета по формуле трапеций, некоторая разница имеется лишь в технике вычислений. Число участков n при расчетах по формуле парабол должно быть четным, поскольку кривая подынтегральной функции заменяется параболой на каждой паре участков.

Особенностью численных способов расчета динамических характеристик по приведенным формулам является необходимость делить пулю на равные участки, включая части с цилиндрическим очертанием. Зачастую приходится каждый элемент пули самостоятельно делить на свое число участков. Все это делает вычисления громоздкими. Опыт показывает, что разобранный ранее способ Трофимова является более универсальным, им обычно и пользуются на практике.

§ 19. ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЛЬ

Экспериментальными методами определения динамических характеристик пуль приходится пользоваться при исследовании устойчивости пуль при полете, меткости и кучности боя оружия.

Линейные и весовые характеристики пуль (форма наружного очертания, отдельные размеры, вес) определяются обычными способами с применением обычных универсальных инструментов и приспособлений. Определение положения центра тяжести пули, полярного и экваториального моментов инерции требует специальных приборов и приспособлений.

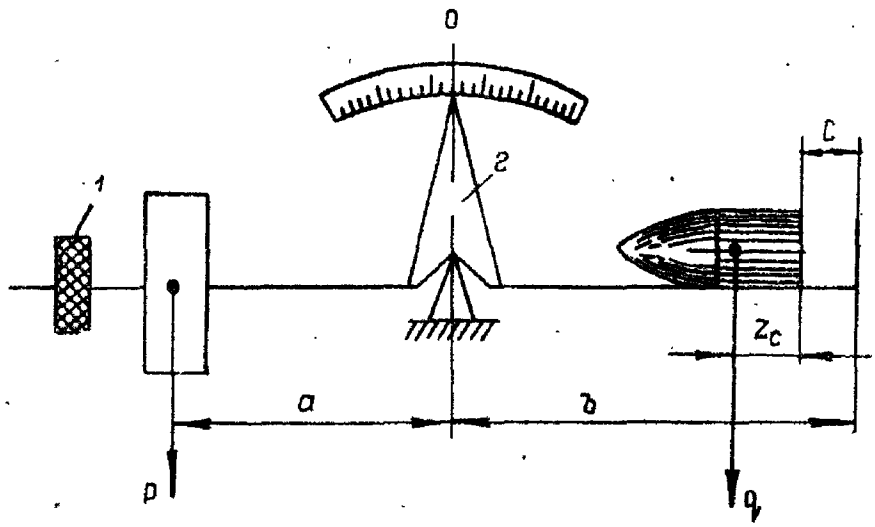

Рис. 73. Схема определения положения центра тяжести пули.

На рис. 73 показана схема одного из существующих приборов для определения положения центра тяжести пули. На предварительно уравновешенное при помощи груза *1* коромысло прибора с одного конца помещается груз p, а с другого — пуля веса q. Пуля перемещается микрометрическим винтом от упора на величину c до тех пор, пока коромысло не займет горизонтальное положение, о чем судят по положению стрелки *2* на шкале прибора.

Уравнение равновесия коромысла записывается так:

$$pa = (b - c - Z_c)\,q,$$

откуда

$$Z_c = b - c - \frac{p}{q}\,a,$$

где a, b — постоянные размеры плеч коромысла;
c — величина, измеренная микрометром при опыте;
p — вес груза.

На расстоянии Z_c от донного среза пули наносится поперечная риска, которая совмещается с осью вращения (с риской на детали крепления) при определении экваториального момента инерции. Для этой цели обычно используется приспособленный штангенциркуль.

Для определения **моментов инерции** пуль могут быть использованы три способа, получившие применение на практике.

1. Способ определения моментов инерции на трехниточном (трифилярном) подвесе широко распространен при исследовании артиллерийских снарядов и пуль.

Подвес (рис. 74) состоит из диска с деталями крепления и металлических или холщовых (шелковых) нитей, точки крепления которых расположены в вершинах равностороннего треугольника.

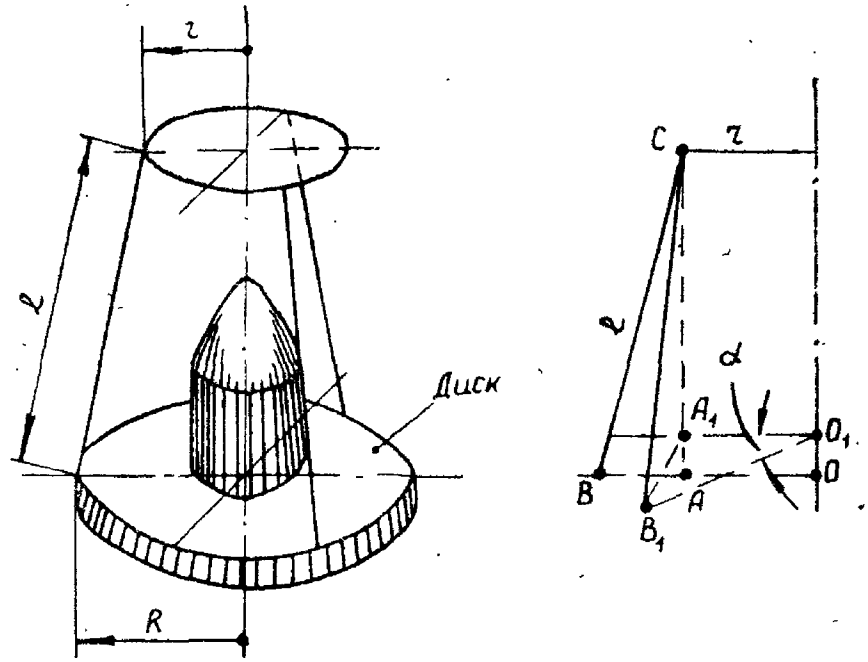

Рис. 74. Схема трехниточного подвеса.

Если диск с расположенной на нем пулей повернуть на небольшой угол около вертикальной оси, то он поднимается на некоторую величину за счет наклона нитей. Предоставленный самому себе диск будет совершать колебания вокруг вертикальной оси, период которых зависит от веса и момента инерции подвешенной системы. Потенциальная энергия положения центра тяжести подвешенной системы будет периодически переходить в кинетическую энергию вращательного движения, что можно записать так:

$$Q \cdot OO_1 = I \frac{\omega_{max}^2}{2}, \qquad (55)$$

где Q — вес подвешенной системы;
I — момент инерции подвешенной системы;
ω — угловая скорость.

Согласно рис. 74

$$OO_1 = CA - CA_1 = \frac{GA^2 - GA_1^2}{GA + GA_1}.$$

Учитывая, что

$$CA^2 = l^2 - (R - r)^2 = l^2 - R^2 + 2Rr - r^2$$

и

$$CA_1^2 = l^2 - A_1B_1^2 = l^2 - R^2 - r^2 + 2Rr\cos\alpha,$$

а также учитывая небольшой наклон нитей, что позволяет принять

$$CA = CA_1 = l,$$

получаем

$$OO_1 = \frac{2Rr - 2Rr\cos\alpha}{2l} = \frac{2Rr(1-\cos\alpha)}{2l};$$

$$OO_1 = \frac{2Rr \cdot 2\sin^2\frac{\alpha}{2}}{2l} = \frac{Rr\alpha^2}{2l}. \qquad (56)$$

В последнем равенстве, за малостью угла α, синус заменен углом. При малых значениях угла α его изменение следует гармоническому закону

$$\varphi = \alpha \sin\frac{2\pi}{T}t.$$

Угловая скорость поворота диска

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \alpha\frac{2\pi}{T}\cos\frac{2\pi}{T}t,$$

а ее максимальное значение, соответствующее моменту прохождения диском положения равновесия,

$$\omega_{max} = \alpha\frac{2\pi}{T}. \qquad (57)$$

Подставляя выражения (56) и (57) в выражение (55), получаем

$$I = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{QRr}{l}, \qquad (58)$$

где T — период колебаний.

При $r = R$ имеем

$$I = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{QR^2}{l}. \qquad (59)$$

Формулы (58) и (59) и позволяют подсчитать полярный и экваториальный моменты инерции, пользуясь опытными данными. Опыты проводятся с закрепленной пулей способом, соответствующим определяемой характеристике (рис. 75).

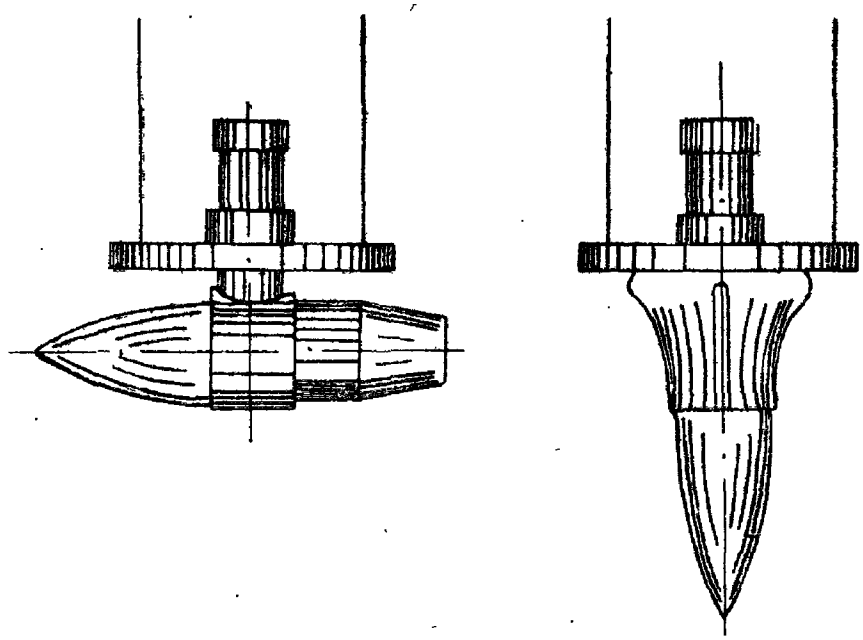

Рис. 75. Схема крепления пуль на трехниточном подвесе.

Предварительно опытным путем определяют:

$Q_д$ — вес диска с деталями крепления пули;

$I_д = \frac{T_д^2}{4\pi^2} \cdot \frac{Q_д R^2}{l}$ — момент инерции диска с деталями крепления.

Тогда момент инерции пули определится по формуле

$$I_{A(B)} = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{QR^2}{l} - I_д ,$$

где $Q = Q_д + q$ — вес подвешенной системы, включая вес пули;
T — опытная величина периода колебаний.

2. В пружинном приборе для получения колебательного движения используется сила упругости пружины (рис. 76). Здесь работа силы упругости пружины переходит в кинетическую энергию вращательного движения, т. е.

$$Fs = I \frac{\omega_{max}^2}{2} , \qquad (60)$$

где $F = \frac{\eta s}{2}$ — средняя сила пружины, соответствующая углу поворота рамки α;
η — коэффициент жесткости пружины;
$s = R\alpha$ — дуга, описываемая внешней точкой крепления пружины.

В результате имеем

$$Fs = \frac{\eta s^2}{2} = \frac{\eta R^2 \alpha^2}{2}. \qquad (61)$$

Для максимальной угловой скорости имели выражение (57). Подставляя выражения (57) и (61) в равеиство (60), получаем

$$I = \frac{T^2}{4\pi^2} \eta R^2. \qquad (62)$$

Жесткость пружины η и радиус крепления конца пружины R — величины постоянные для данного прибора. Объединив их, получаем следующее выражение для момента инерции:

$$I = \kappa T^2,$$

где $\kappa = \frac{\eta R^2}{4\pi^2}$ — постоянная прибора.

Значение κ определяется опытным путем заблаговременно. Для этого пользуются двумя эталонами с известными величинами моментов инерции $I_{э1}$ и $I_{э2}$ (для тела простейшей формы, например цилиндра, момент инерции может быть легко подсчитан). Одновременно определяется момент инерции $I_р$ рамки прибора с деталями крепления, для чего прибор приводится в движение сначала с одним, затем с другим эталоном и составляются два равенства:

$$I_{э1} + I_р = \kappa T_1^2 \quad \text{и} \quad I_{э2} + I_р = \kappa T_2^2.$$

Вычитая одно равенство из другого, получаем

$$I_{э1} - I_{э2} = \kappa (T_1^2 - T_2^2),$$

откуда

$$\kappa = \frac{I_{э1} - I_{э2}}{T_1^2 - T_2^2}.$$

Подставляя выражение для κ в одно из предыдущих равенств, получаем момент инерции рамки с деталями крепления

$$I_р = \kappa T_1^2 - I_{э1} = \kappa T_2^2 - I_{э2}.$$

Момент инерции пули определяется по формуле

$$I_{A(B)} = \kappa T^2 - I_р,$$

где T — опытное значение периода колебаний.

3. Сущность способа определения моментов инерции на приборе с падающим грузом состоит в том, что измеряется время падения груза, вращающего барабанчик с пулей, с высоты h (рис. 77).

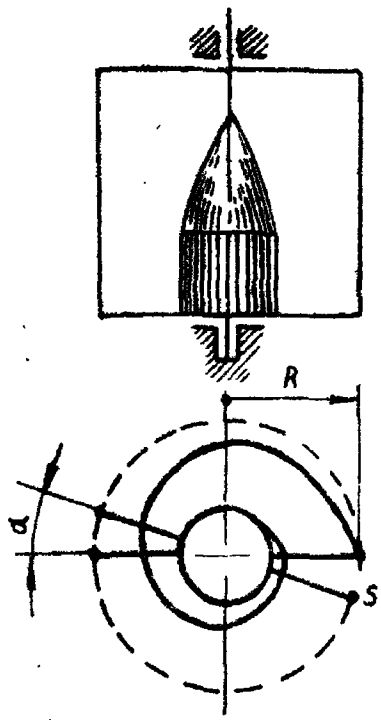

Рис. 76. Схема прибора с пружиной.

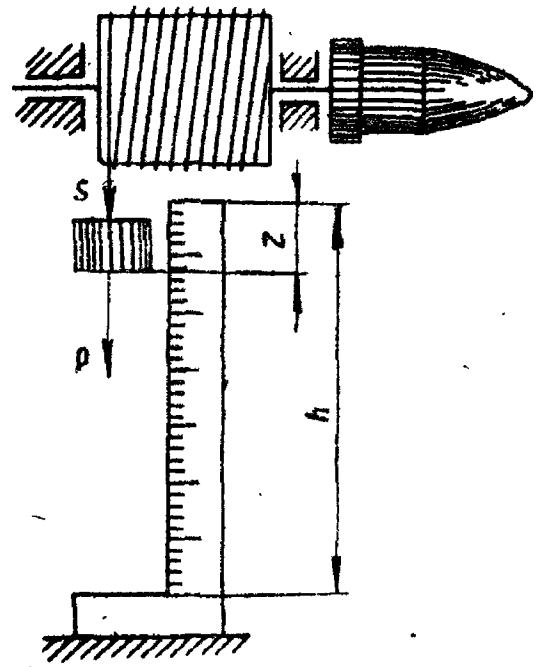

Рис. 77. Схема прибора с падающим грузом.

Пренебрегая силами трения и сопротивления воздуха, составим уравнение вращательного движения барабанчика с пулей

$$I\frac{d^2\varphi}{dt^2} = rs, \tag{63}$$

где I — момент инерции вращающейся системы;
s — сила натяжения нити;
r — радиус барабанчика;
φ — угол поворота барабанчика.

Для исключения неизвестной силы s воспользуемся уравнением движения груза

$$\frac{p}{g}\cdot\frac{d^2Z}{dt^2} = p - s, \tag{64}$$

где Z — текущая координата груза.

Из условия нерастягиваемости нити имеем

$$Z = r\varphi$$

и

$$\frac{d^2Z}{dt^2} = r\frac{d^2\varphi}{dt^2}. \tag{65}$$

Решая систему уравнений (63), (64), (65) и используя граничные условия $t=0$, $Z=0$, $\frac{dZ}{dt}=0$ и $t=T$, $Z=h$, получаем следующее выражение для момента инерции вращающейся системы:

$$I=\frac{P}{g}r^2\left(\frac{gT^2}{2h}-1\right), \tag{66}$$

где T — время падения груза с высоты h.

Для определения момента инерции пули из полученного момента инерции системы надо вычесть заблаговременно определенный момент инерции барабанчика с деталями крепления

$$I_б=\frac{P}{g}r^2\left(\frac{gT_б^2}{2h}-1\right),$$

тогда рабочая формула будет иметь вид:

$$I_{A(B)}=\frac{P}{2h}r^2\left(T^2-T_б^2\right). \tag{67}$$

Таким образом, зная величины p, h, r и определяя опытным путем значения T и $T_б$, можно определить моменты инерции пули I_A и I_B. Очевидно, что для определения I_B пулю следует закрепить перпендикулярно оси вращения так, чтобы центр тяжести ее, обозначенный поперечной риской, находился на оси вращения.

§ 20. ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ ПУЛЬ НА ПРОЧНОСТЬ

Давление оболочки на боевую грань нарезов

Взаимодействие ведущего устройства пули с боевой гранью нареза можно представить схемой сил при развертке поверхности канала ствола на плоскости (рис. 78), где обозначено:

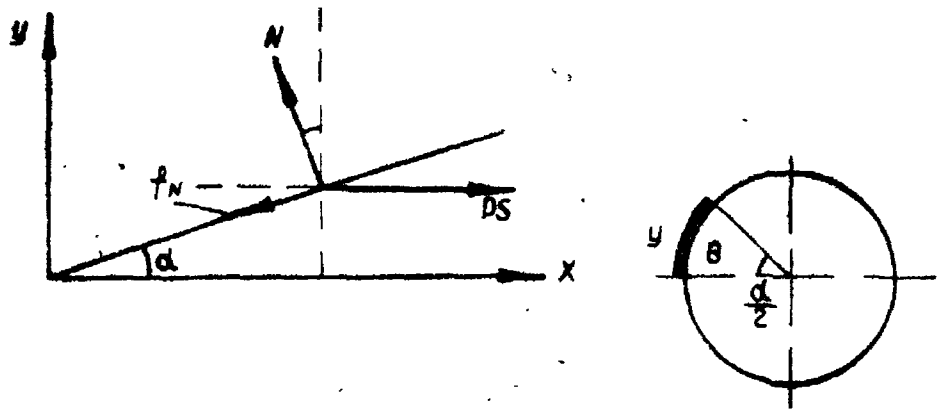

Рис. 78. Силы, действующие на пулю при ее движении по каналу ствола.

P — давление газов на дно пули;
$s = n_s d^2$ — площадь поперечного сечения канала ствола;
N — суммарная реакция силы нормального давления оболочки на боевые грани нарезов;
f — коэффициент трения;
α — угол наклона нарезов.

Силу давления N определим из системы двух уравнений: уравнения поступательного движения пули

$$\varphi m \frac{d^2x}{dt^2} = Ps \tag{68}$$

и уравнения вращательного движения

$$I_A \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{d}{2} N(\cos\alpha - f\sin\alpha), \tag{69}$$

где m, φ — масса пули и коэффициент фиктивности.

Вращательное движение следующим образом связано с поступательным движением:

$$y = \frac{d}{2}\theta,$$

поэтому

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{2}{d}\cdot\frac{dy}{dt} = \frac{2}{d}\cdot\frac{dy}{dx}\cdot\frac{dx}{dt} = \frac{2}{d}\operatorname{tg}\alpha\cdot\frac{dx}{dt}.$$

Взяв вторую производную, получим

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{2}{d}\operatorname{tg}\alpha\frac{d^2x^*}{dt^2}. \tag{70}$$

Подставляя в равенство (70) значения вторых производных из равенств (68) и (69), после простых преобразований получаем

$$N = \frac{4}{d^2}\cdot\frac{I_A}{m}\cdot\frac{Ps}{\varphi}\cdot\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\alpha - f\sin\alpha}. \tag{71}$$

Зная суммарную реакцию силы давления N, можно определить удельное давление q_1 боевой грани нарезов на оболочку, учтя число нарезов n, длину H ведущей части пули и глубину δ врезания оболочки в нарезы,

$$q_1 = \frac{N\cos\alpha}{nH\delta}. \tag{72}$$

Заметим, что в выражении (71) величина

$$\frac{4}{d^2}\cdot\frac{I_A}{m} = \mu$$

---

* В данном случае имеются в виду нарезы постоянной крутизны, так как нарезы прогрессивной крутизны в стрелковом оружии не применяются.

является квадратом отношения радиуса инерции пули к полукалибру и применялась ранее при определении длины хода нарезов ($\mu = 0{,}5$). Так как реакция N зависит от давления газов, то последнее берут максимальным значением P_{max}. Ввиду малости угла α можно принять допущение

$$\frac{\mu}{\varphi} \cdot \frac{1}{\cos\alpha - f\sin\alpha} = 0{,}5,$$

тогда

$$N = 0{,}5P_{max}s\,\mathrm{tg}\,\alpha.$$

Приняв еще $\cos\alpha = 1$ и учитывая, что $s = 0{,}82d^2$ и $\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{\pi}{\eta_1}$, выражение (79) можно записать в таком виде:

$$q_1 = 1{,}25\frac{d^2}{nH\delta\eta}P_{max}, \qquad (73)$$

где η_1 — длина хода нарезов в калибрах.

Глубина врезания пули в нарезы δ берется минимальным значением с учетом допусков и температурного расширения канала ствола по одной из следующих зависимостей:

$$\delta_{min} = \frac{d_{п\,min} - d_{max}}{2} - \frac{d}{2}it$$

или

$$\delta_{min} = \frac{d_{н\,min} - d_{max}}{2},$$

где $d_п$ — диаметр ведущей части пули;
$d_н$ — диаметр канала ствола по нарезам;
i — коэффициент линейного расширения (для стали $i = 12 \cdot 10^{-6}$);
t — средняя температура нагрева ствола при интенсивной стрельбе.

Из двух полученных величин δ_{min} берется наименьшая.

Во избежание срыва пуль с нарезов для медных ведущих поясков удельное давление q_1 допускается не более 25 *кГ/мм²*, для стальных оболочек — не более 30 *кГ/мм²*.

Напряжения в оболочке от действия центробежных сил

При движении по каналу ствола пуля получает большую угловую скорость вращательного движения вокруг продольной геометрической оси. В оболочке развиваются значительные центробежные силы инерции, которые передаются на поверхность канала ствола, поскольку пуля имеет с ней контакт.

По выходе пули из канала ствола центробежные силы вызывают тангенциальные напряжения в оболочке, которые при определенных условиях могут привести к нарушению прочности

оболочки и правильного полета пули в воздухе. Напряжения в оболочке у некоторых видов пуль увеличиваются в результате действия на нее центробежных сил, развивающихся в свинцовой рубашке. Ввиду большой плотности свинца и небольшого сопротивления его разрыву воздействие рубашки на оболочку может быть значительным.

Тангенциальные напряжения в цилиндрической оболочке, вращающейся вокруг продольной оси, можно определить, разрезав ее осевой плоскостью и заменив действие одной половины на другую силами F_0 (рис. 79). При этом будем считать оболочку тонкостенной. Тогда без заметной погрешности средний радиус оболочки можно заменить наружным радиусом.

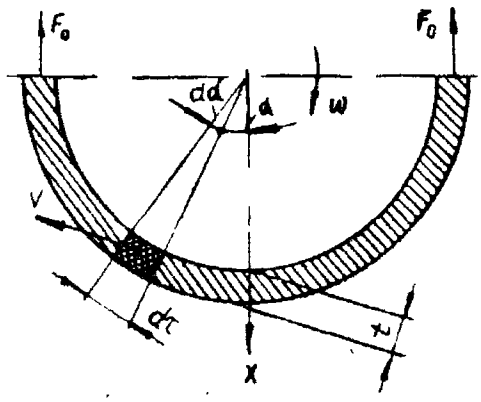

Рис. 79. Схема размеров вращающейся оболочки.

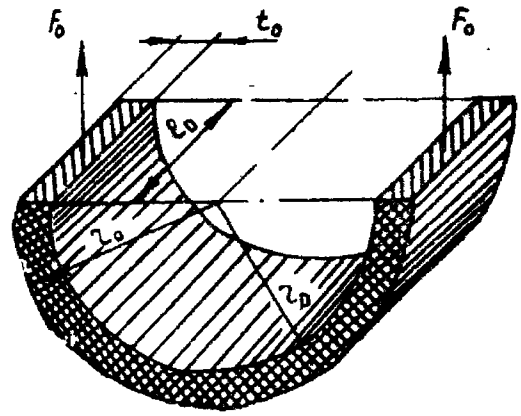

Рис. 80. Полукольцо, вырезанное из оболочки.

Проекция центробежной силы элементарной частицы на направление x определится так:

$$dF_0 = \frac{v^2}{r_0}\cos\alpha dm, \tag{74}$$

где dm — элементарная масса;
v — окружная (касательная) скорость;
r_0 — радиус.

Максимальная касательная скорость определяется начальной скоростью пули v_0 и шагом нарезов h

$$v = 2\pi r_0 \frac{v_0}{h}.$$

Масса определяется объемом и плотностью

$$dm = \frac{l_0 t_0 \gamma_0}{g} d\tau = \frac{l_0 t_0 \gamma_0}{g} r_0 d\alpha,$$

где t_0, l_0 — соответственно толщина стенки и длина рассматриваемого участка оболочки (рис. 80);
γ_0 — удельный вес металла оболочки,

Подставим значения v и dm в выражение (74), тогда

$$dF_0 = \frac{l_0 t_0 \gamma_0}{g} 4\pi r_0^2 \frac{v_0^2}{h^2} \cos\alpha \, d\alpha.$$

Интегрируя это равенство в пределах угла α от 0 до $\frac{\pi}{2}$, получим силу

$$F_0 = \pi^2 d_0^2 \frac{\gamma_0}{g} \cdot \frac{v_0^2}{h^2} l_0 t_0, \qquad (75)$$

а поделив ее на площадь продольного сечения $l_0(t_0 - \delta)$, получим напряжение

$$\sigma_0 = \pi^2 d_0^2 \frac{\gamma_0}{g} \cdot \frac{v_0^2}{h^2} \cdot \frac{t_0}{t_0 - \delta}, \qquad (76)$$

где δ — уменьшение толщины оболочки вследствие врезания в нарезы (если форму ее упростить так, как показано на рис. 81 и 82).

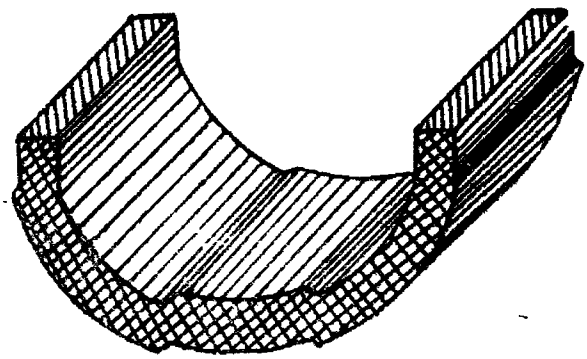

Рис. 81. Форма оболочки после врезания в нарезы.

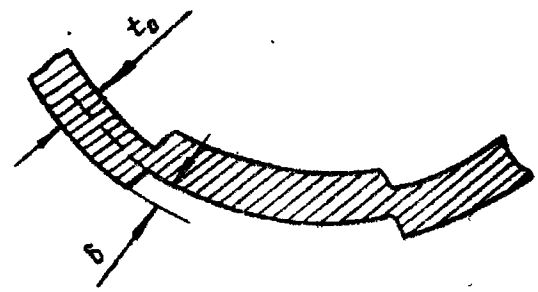

Рис. 82. Упрощенная форма оболочки после врезания в нарезы.

По аналогии с выражением (75) можно написать выражение для центробежной силы, которая развивается в рубашке,

$$F_р = \pi^2 d_р^2 \frac{\gamma_р}{g} \cdot \frac{v_0^2}{h^2} l_р t_р, \qquad (77)$$

где $d_р$, $l_р$, $t_р$ — соответствующие размеры рубашки.

За вычетом силы сопротивления рубашки тангенциальному растяжению $f_р = l_р t_р \sigma_{bp}$, эта сила передается на оболочку. Считая, что она приложена к тому же слою, что и сила F_0, можно определить напряжение в оболочке с учетом воздействия на нее рубашки

$$\sigma = \frac{F_0 + F_р - f_р}{l_0 (t_0 - \delta)}.$$

Учитывая выражения (75), (77) и значение $f_р$, а также, что $l_р = l_0$ и $h = \eta d_0$, получим

$$\sigma = \left[\pi^2 \frac{\gamma_0}{g} \cdot \frac{v_0^2}{\eta^2} \left(1 + \frac{\gamma_р}{\gamma_0} \cdot \frac{d_р^2}{d_0^2} \cdot \frac{t_р}{t_0} \right) - \frac{t_р}{t_0} \sigma_{вр} \right] \frac{t_0}{t_0 - \delta}. \qquad (78)$$

Для свинцовой рубашки можно принять $\gamma_р = 11{,}3$ $Г/см^3$ и $\sigma_{вр} = 2$ $кГ/мм^2$, а для стальной оболочки $\gamma_0 = 7{,}85$ $Г/см^3$. Учитывая, кроме того, размерность v_0 ($м/сек$), выражение (78) можно переписать в виде, более удобном для вычислений,

$$\sigma = \left[7{,}9 \cdot 10^{-3} \frac{v_0^2}{\eta^2} \left(1 + 1{,}45 \frac{(d_0 - 2t_0)^2}{d_0^2} \cdot \frac{t_р}{t_0} \right) - 2 \frac{t_р}{t_0} \right] \frac{t_0}{t_0 - \delta}. \qquad (79)$$

Проверка на прочность стальных оболочек существующих пуль показывает, что напряжение от действия центробежных сил по выражению (79) не следует допускать более 25 $кГ/мм^2$. При этом необходимо предусматривать наихудший случай и брать значение t_0 наименьшим в пределах поля допуска на изготовление, а значения δ (глубина нарезов) и $t_р$ (толщина рубашки) — наибольшими.

$$t_р = \frac{d_0 - 2t_0 - d_с}{2},$$

где $d_с$ — диаметр сердечника.

Рекомендуемая проверка не охватывает всего вопроса о прочности оболочки, однако она помогает ориентироваться в величинах напряжения, возникающих от действия центробежных сил, и учитывать существующий опыт при проектировании новых пуль.

Заметим попутно, что по выражению (79) напряжения в оболочке при равных прочих условиях зависят от диаметра d_0 и будут одинаковыми, если величина

$$\frac{d_р}{d_0} = \frac{d_0 - 2t_0}{d_0} = 1 - \frac{2t_0}{d_0}$$

будет оставаться постоянной. Отсюда следует, что для соблюдения равных условий прочности оболочки толщину ее стенок необходимо назначать пропорциональной калибру, что обычно и выполняется на практике. Относительная толщина стенок оболочки у существующих пуль обычно находится в пределах $m_0 = \frac{2t_0}{d_0} = 0{,}125 \div 0{,}150$.

§ 21. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИЛЬЗАХ И ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Гильза соединяет в одно целое все элементы унитарного патрона (пулю, пороховой заряд и капсюль-воспламенитель), обтюрирует пороховые газы при выстреле и изолирует пороховой заряд и капсюльный состав от воздействия внешней среды. Она,

таким образом, облегчает процесс заряжания оружия, создает условия для его автоматизации и резкого повышения скорострельности, а также обеспечивает длительное хранение патронов на складах и в других условиях.

Пороховой заряд размещается в корпусе *2* гильзы (рис. 83, 84), а пуля закрепляется в дульце *1*. Переходная часть от дульца к корпусу называется скатом *4*. Гильзы со скатом называются бутылочными, а без ската—цилиндрическими. В донной части *3* гильза имеет закраину *5*, за которую она извлекается выбрасывателем из патронника после выстрела. Если закраина полностью выступает за боковую поверхность корпуса (рис. 83,*б*, 84,*б*), то такие гильзы называют гильзами с выступающей закраиной. Когда закраина образована кольцевой проточкой и не выступает за боковую поверхность корпуса (рис. 83,*а*, 84,*а*), такие гильзы называют гильзами с невыступающей закраиной. Встречаются гильзы с кольцевой проточкой, у которых часть закраины выступает за боковую поверхность корпуса (рис. 84,*г*). Такие гильзы называют гильзами с частично выступающей закраиной. Есть гильзы с кольцевым выступом на корпусе (рис. 84,*в*).

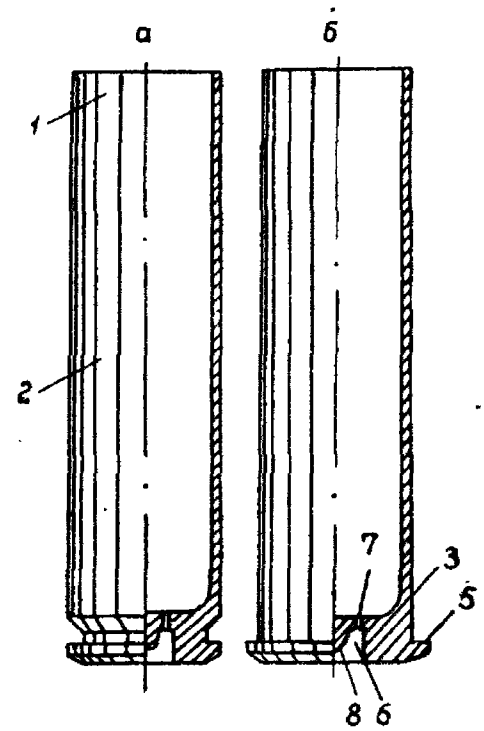

Рис. 83. Цилиндрические гильзы: а—с невыступающей закраиной; б—с выступающей закраиной.

В зависимости от особенностей формы гильзы различным образом осуществляется фиксация патрона в патроннике перед выстрелом. Если гильза имеет выступающую или частично выступающую закраину, то патрон фиксируется упором закраины в казенный срез ствола. Если гильза имеет невыступающую закраину, то фиксация патрона осуществляется или упором ската гильзы в скат патронника (бутылочные патроны), или упором среза дульца гильзы в уступ патронника (цилиндрические патроны). При наличии цилиндрического выступа на корпусе гильзы патрон фиксируется упором этого выступа в уступ патронника.

Для капсюля гильза имеет капсюльное гнездо *6*, которое сообщается с каморой гильзы затравочными отверстиями 7. Выступающая часть дна капсюльного гнезда, имеющая обычно полусферическую форму, называется наковальней *8*. На ней разбивается ударный состав при ударе бойка по капсюлю. В зависимости от устройства капсюля капсюльное гнездо может иметь и другое устройство.

Гильзы изготовляются из латуни или малоуглеродистой стали. Со времени первой мировой войны (1914—1918 гг.) латунь

все больше и больше заменяется сталью как более дешевым материалом. Во время перехода на патронное заряжание в стрелковом оружии применялись бумажные гильзы. В настоящее время их применяют только в охотничьем оружии и в некоторых системах сигнальных пистолетов (ракетниц) и минометов. Попытки применить другие материалы для изготовления гильз (пластические массы, горючие материалы и др.) не привели к реализации их на практике.

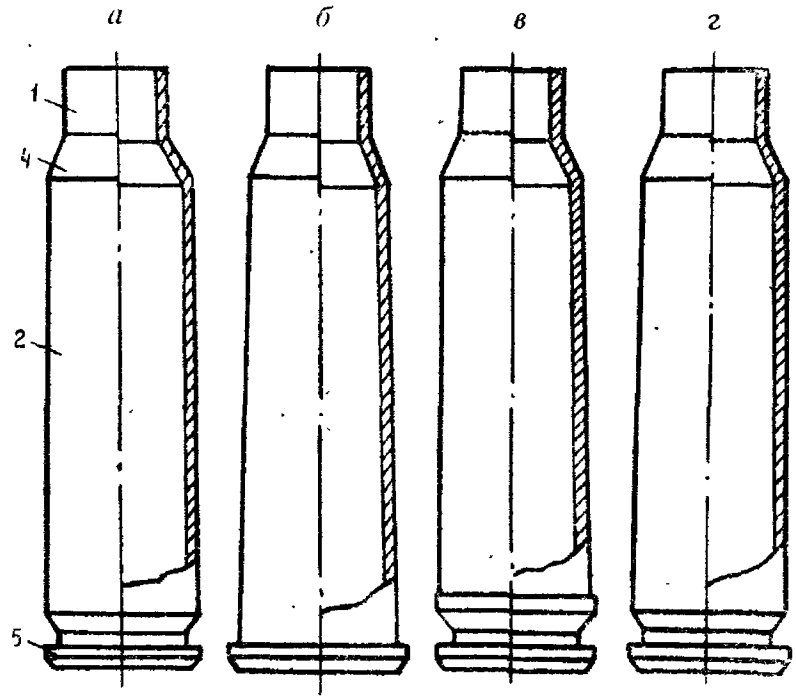

Рис. 84. Бутылочные гильзы: а—с невыступающей закраиной; б—с выступающей закраиной; в—с кольцевым выступом; г—с частично выступающей закраиной.

В зависимости от способа изготовления гильзы бывают цельнотянутые и составные. Последние бывают с цельнотянутым или свернутым корпусом. Составные гильзы со свернутым корпусом применялись в стрелковом оружии наряду с цельнотянутыми. Свернутый корпус мог увеличиваться в диаметре при выстреле на бо́льшую величину в сравнении с цельнотянутым, что позволяло обрабатывать патронник и гильзу с низкой точностью. С усовершенствованием технологии изготовления оружия и патронов это преимущество свернутых гильз теряло свое значение. Учитывая еще, что свернутый патрон не мог быть герметичным, унитарные патроны с цельнотянутой металлической гильзой получили впоследствии преобладающее применение.

Составные гильзы со штампованным дном и свернутым из косынки листового материала корпусом периодически возрождались применительно к артиллерийским орудиям. Это наблюдалось обычно в военное время, когда для изготовления большого количества цельнотянутых гильз требуется большое количество мощного прессового оборудования, а патроны хранятся не-

продолжительное время. Для стрелкового оружия и малокалиберных автоматических пушек составные гильзы не применяются, хотя не исключено их применение в качестве средства обеспечения нормальной работы оружия при больших давлениях пороховых газов (см. § 28).

Исходными данными для проектирования гильзы являются размеры и форма пули, объем каморы заряжания, размеры капсюля-воспламенителя и максимальное давление пороховых газов. Последнее необходимо для оценки прочности гильзы при выстреле и экстракции ее после выстрела. Перед проектированием стоит задача выбрать форму и размеры гильзы, наилучшим образом удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к оружию. Сюда относятся:

— выбор коэффициента бутылочности и получение заданного объема каморы заряжания;
— выбор способа фиксации патрона в патроннике;
— назначение размеров дульца, ската и донной части гильзы;
— выбор профиля (очертания) стенок корпуса гильзы;
— выбор гильзового материала;
— проверка гильзы на прочность и экстракцию.

§ 22. ФОРМА ГИЛЬЗЫ

Коэффициент бутылочности

Характеристикой формы гильзы (патрона), как указывалось ранее, служит коэффициент бутылочности, определяющий соотношение продольных и поперечных размеров

$$\psi = \sqrt{\frac{l_0}{l_{км}}},$$

где l_0 — приведенная длина каморы;
$l_{км}$ — истинная длина каморы.

Обозначив объем каморы W_0, калибр d и диаметр внутренней поверхности корпуса в среднем сечении $d_{0\,ср}$, получаем

$$l_0 = \frac{4W_0}{\pi d^2}, \quad l_{км} = \frac{4W_0}{\pi d_{0\,ср}^2} \quad \text{и} \quad \psi = \frac{d_{0\,ср}}{d}.$$

С достаточной для практики точностью коэффициент бутылочности выражается через наружные размеры гильзы (патрона), позволяющие наиболее просто определять бутылочность существующих патронов

$$\psi = \frac{d_{ср}}{d_д}, \tag{80}$$

где $d_{ср}$ — наружный диаметр гильзы (патрона) в среднем сечении корпуса;
$d_д$ — наружный диаметр дульца.

Бутылочность гильзы оказывает влияние как на свойства самого патрона, так и на свойства оружия (габариты, вес, условия подачи патронов и работы автоматики). Этим определяется большой интерес к форме гильзы при ее проектировании.

С увеличением коэффициента бутылочности увеличивается обычно вес гильзы и патрона. Увеличение веса гильзы происходит при этом в основном за счет дна. С этой точки зрения большая бутылочность невыгодна. Кроме того, увеличение бутылочности может потребовать дополнительных операций обжима стенок и отжига дульца гильзы в процессе производства. Вместе с тем с увеличением бутылочности уменьшается длина стенок гильзы, требуется меньшее количество операций вытяжки стенок и промежуточного отжига.

С увеличением бутылочности (с уменьшением длины патрона) уменьшается длина продольного хода частей автоматики и длина оружия. Зато увеличиваются поперечные размеры казенной части ствола, затвора и ствольной коробки, увеличивается шаг подачи ленты при ленточном питании патронами, возрастают передаточные числа и нагрузки в механизмах подачи, что вынуждает иногда увеличивать длину хода автоматики. С изменением бутылочности патрона изменяются, таким образом, габариты и вес оружия, а также условия работы его автоматики.

С точки зрения габаритов и веса для каждой конструкции оружия существует наивыгоднейшее значение коэффициента бутылочности патрона, за исключением, разумеется, систем оружия, стреляющих относительно маломощным патроном (пистолеты-пулеметы, станковые пулеметы), у которых габариты и вес лимитируются в основном не формой патрона.

Поскольку один и тот же вид патрона применяется обычно для стрельбы из нескольких образцов оружия, основанных на различных принципах использования энергии пороховых газов и имеющих различные конструктивные особенности, постольку нельзя заранее указать форму патрона, одинаково выгодную для всех образцов оружия.

Для ориентировочного выбора бутылочности патрона можно воспользоваться следующей эмпирической зависимостью, хорошо согласующейся практикой:

$$\psi = \sqrt[3]{\frac{l_0}{l_п}}, \qquad (81)$$

где l_0 — приведенная длина каморы;
$l_п$ — длина основной пули (снаряда).

Соотношение приведенной длины каморы и длины пули косвенно отражает соотношение веса заряда и веса пули или относительный вес заряда, поэтому, согласно зависимости (81), коэффициент бутылочности должен увеличиваться с увеличением мощности патрона (относительно веса заряда). Это и наблюдается

на практике, что видно из табл. 52, где приведены подсчитанные по формуле (81) значения коэффициента бутылочности для некоторых существующих патронов.

Таблица 52

Величины коэффициента бутылочности

Выражение	Наименование патронов				
	7,62-*мм*	12,7-*мм*	14,5-*мм*	20-*мм*	23-*мм*
$\psi = \sqrt[3]{l_0/l_п}$	1,21	1,36	1,50	1,12	1,21
ψ действительное	1,41	1,47	1,59	1,00	1,33

Рассмотрим характерный пример.

Среди применявшихся патронов отличаются большой мощностью два патрона к противотанковым ружьям калибра 7,92 *мм*— германский и польский (рис. 85—*1*, *2*).

Один от другого они резко отличаются бутылочностью. Польский патрон, в сравнении с германским, имеет объем каморы на 5 *см*^{3} меньше, а длину на 14 *мм* больше. Расчеты по формуле (81) показывают, что бутылочность указанных патронов должна быть $\psi=2{,}2$ для германского и $\psi=1{,}9$ для польского. Действительная их бутылочность соответственно равна 2,1 и 1,6. Таким образом, бутылочность одного из рассматриваемых патронов находится почти в полном соответствии с выражением (81), а другой имеет значительно меньшую бутылочность. Вместе с тем бросается в глаза его слишком вытянутая форма. По выражению (81) этот патрон должен быть на 25 *мм* короче и иметь форму, показанную на рис. 85 — *3*.

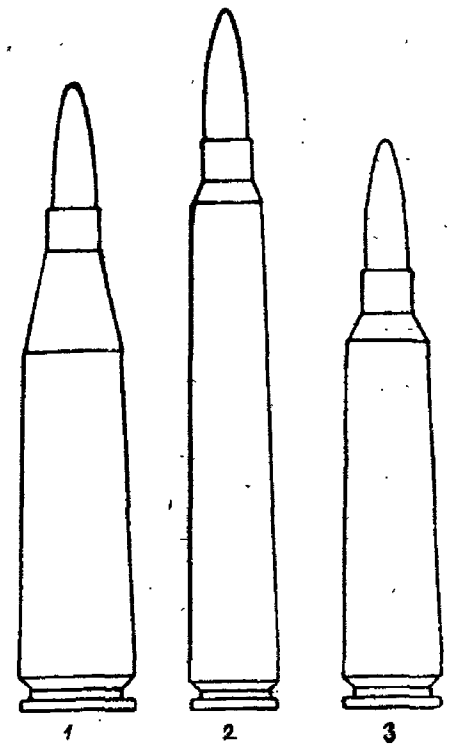

Рис. 85. 7,92-*мм* патроны ПТР: 1—германский; 2—польский; 3—вид польского патрона с измененной бутылочностью.

Способы фиксации патрона

В процессе производства оружия и патронов устанавливаются определенные пределы положения дна чашечки затвора относительно фиксирующей поверхности патронника, контролируемые предельными калибрами—„шашками", и определенные пределы положения наружной поверхности дна гильзы относительно фиксирующей поверхности гильзы, контролируемые соответствующими предельными калибрами.

В результате этого каждый образец оружия, имея присущие ему размеры калибров — «шашек», имеет также определенные пределы величины зазора между дном гильзы и дном чашечки затвора. Минимальная величина этого зазора устанавливается исходя из условий возможности запирания затвора, а максимальная определяется для каждого образца оружия опытным путем исходя из условий соблюдения прочности гильзы от поперечных разрывов при стрельбе, надежности и безопасности выстрела. Поэтому при сравнительной оценке способов фиксации патрона можно считать, что пределы зазора между дном гильзы и дном чашечки (зеркалом) затвора заданы.

При фиксации патрона закраиной фиксирующей поверхностью патронника является казенный срез ствола, а фиксирующей поверхностью гильзы — передняя грань выступающей закраины (рис. 86). Величина «зеркального» зазора

$$x_0 = ш - h_з.$$

Подставляя сюда крайние верхние и нижние значения размеров, получаем разность предельных размеров калибра — „шашки"

$$\delta ш = \delta x_0 - \delta h_з, \qquad (82)$$

где δx_0 — величина изменения „зеркального" зазора;
$\delta h_з$ — величина допуска на толщину закраины.

Как видно из выражения (82), точность фиксации патрона выступающей закраиной зависит только от допуска на толщину закраины и не зависит от точности изготовления гильзы по другим размерам и точности изготовления патронника. В этом заключается одно из достоинств гильз с выступающей закраиной.

Разностью предельных размеров калибра — «шашки» определяется точность изготовления деталей узла запирания. Чем больше эта разность, тем ниже точность и лучше условия для взаимозаменяемости деталей узла запирания. У гильз с выступающей закраиной разность предельных размеров «шашки», зависящая только от допуска на толщину закраины, остается относительно большой в сравнении с другими способами фиксации патрона, чем и обусловлена сравнительно невысокая точность изготовления деталей узла запирания и благоприятные условия для их взаимозаменяемости.

Гильзы указанного типа обладают наиболее прочным дном, которое лучше сопротивляется осевому сжимающему усилию при выстреле в сравнении, например, с гильзами, имеющими кольцевую проточку.

Наряду с достоинствами, гильзы с выступающей закраиной обладают существенными недостатками. Наличие выступающей

закраины приводит к увеличению поперечных размеров затвора и ствольной коробки, к ухудшению условий подачи патронов в автоматическом оружии.

Прямая ленточная подача патронов, как наиболее простая в осуществлении, практически почти невозможна при выступающей закраине гильзы. Усложняется конструкция патронных магазинов, требуются специальные меры, гарантирующие от сцепления патронов закраинами в процессе подачи из магазина. Все это усложняет конструкцию оружия и снижает одно из основных свойств автоматического оружия — безотказность его работы.

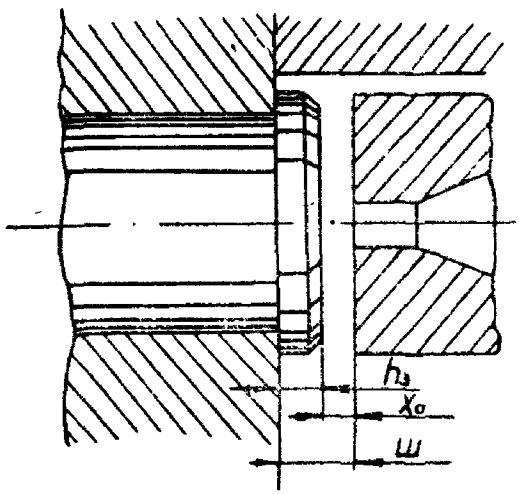

Рис. 86. Фиксация патрона выступающей закраиной.

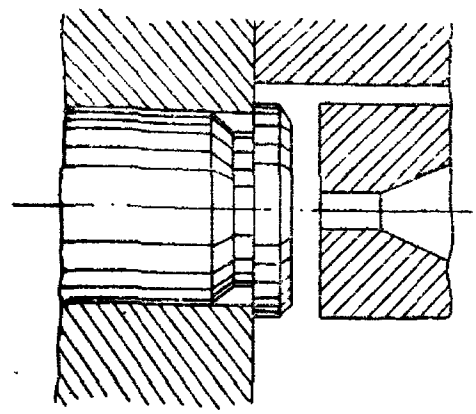

Рис. 87. Фиксация патрона частично выступающей закраиной.

Гильзы с выступающей закраиной проектировались в прошлом для неавтоматического оружия. Для современного автоматического оружия этот тип гильз считается устаревшим и в более поздних образцах патронов стрелкового оружия не применяется.

Существенно избавлены от недостатков гильз первого типа гильзы с частично выступающей закраиной (рис. 87). В данном случае фиксация патрона осуществляется лишь небольшой выступающей частью закраины. Для извлечения гильзы из патронника используется вся закраина, образованная кольцевой проточкой. При такой гильзе можно осуществить прямую ленточную подачу патронов и сравнительно легко избежать сцепления патронов в магазине, для чего предусматривается фаска на закраине со стороны дна.

Полностью избавлены от недостатков гильз с выступающей закраиной гильзы с невыступающей закраиной, которые и получили широкое применение. Фиксация бутылочного

патрона в этом случае осуществляется скатом (рис. 88). В зависимости от соотношения углов ската гильзы и ската патронника фиксация патрона может осуществляться по линии *аа* или по линии *bb*. Для простоты рассмотрим случай фиксации патрона по линии *bb*.

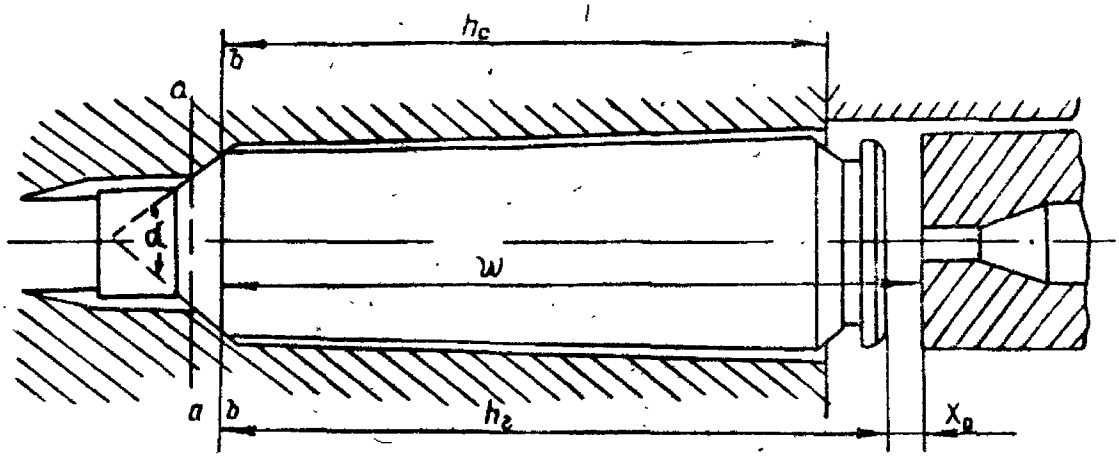

Рис. 88. Фиксация патрона скатом гильзы.

Способом, аналогичным примененному ранее, можно получить разность предельных размеров калибра — «шашки» в таком виде:

$$\delta w = \delta x_0 - \delta h_г - \delta h_c - \frac{1}{2}(\delta d_г + \delta d_c)\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}, \qquad (83)$$

где $\delta h_г$ — допуск на длину корпуса гильзы;
δh_c — допуск на длину первого конуса патронника;
$\delta d_г$, δd_c — допуски на диаметры гильзы и патронника.

Из выражения (83) видно, что точность фиксации патрона в патроннике скатом гильзы зависит от точности изготовления гильзы и патронника. Следовательно, при заданном «зеркальном» зазоре требуется изготовление патронов и оружия с высокой точностью. Это является недостатком способа фиксации патрона скатом гильзы. Однако этот недостаток не имеет существенного значения в условиях непрерывно совершенствующейся технологии изготовления патронов и оружия, и на этот тип гильзы переходят во всех случаях проектирования новых бутылочных патронов стрелкового автоматического оружия.

В отличие от гильзы первого типа гильза с невыступающей закраиной имеет ослабленное кольцевой проточкой дно, которое деформируется при высоких давлениях пороховых газов в канале ствола, что отрицательно влияет на прочность и экстракцию гильзы. Этот недостаток ограничивает возможности применения гильз с невыступающей закраиной для стрельбы при высоких давлениях пороховых газов и более присущ латунным гильзам.

Цилиндрические патроны с невыступающей закраиной фик-

сируются в патроннике или непосредственно срезом дульца гильзы, или завальцованной его частью (рис. 89).

Гильзы с выступом на корпусе (рис. 90) в меньшей мере обладают недостатками двух разобранных типов гильз, но широкого применения не получили ввиду наличия собственных

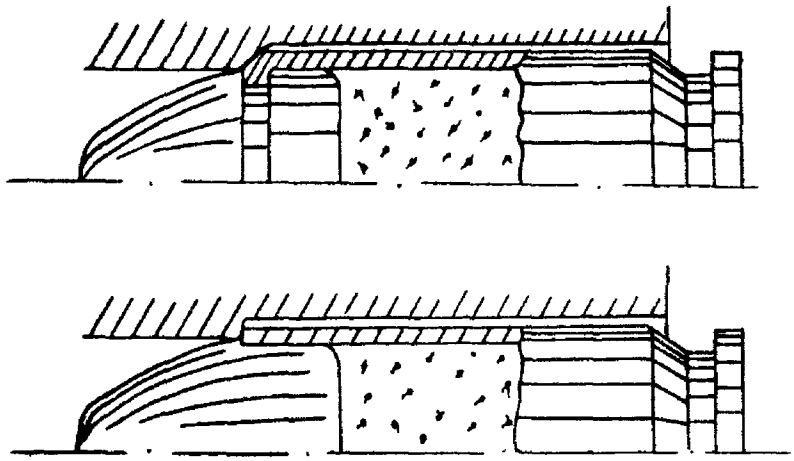

Рис. 89. Фиксация патрона срезом дульца гильзы.

недостатков — увеличенный вес, непригодность для прямой ленточной подачи. Применение гильз этого типа ограничивается патронами для малокалиберных автоматических пушек с магазинным питанием. Во избежание сцепления патронов в магазине высота выступа $h_в$ должна превосходить по величине возможное осевое смещение патрона в магазине.

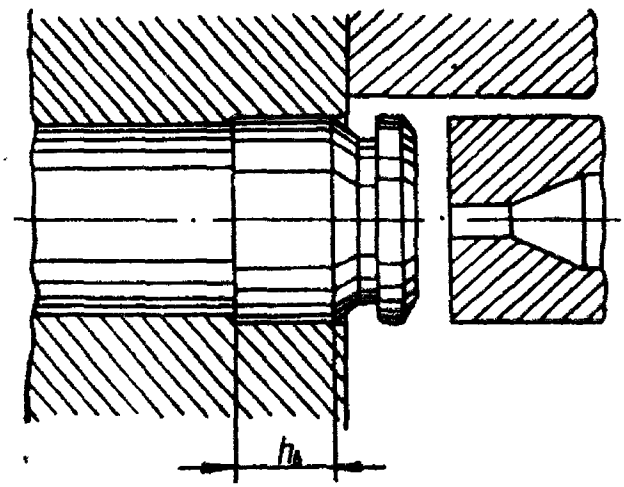

Рис. 90. Фиксация патрона выступом гильзы.

Вместо выступа на корпусе у гильз сравнительно больших размеров (патроны к мощным крупнокалиберным пулеметам и автоматическим пушкам) предпочтительнее иметь частично выступающую закраину.

§ 23. РАЗМЕРЫ ЭЛЕМЕНТОВ ГИЛЬЗЫ

Размеры дульца и ската

Для надежного крепления пули оказывается достаточной длина дульца гильзы порядка $1 \div 1{,}25$ калибра.

Толщина стенок дульца в силу особенностей изготовления цельнотянутых металлических гильз находится в прямой зависимости от толщины стенок корпуса у ската, относительная величина которой у существующих гильз находится в пределах

$$m_c = \frac{2t_c}{d_c} = 0{,}05 \div 0{,}10$$

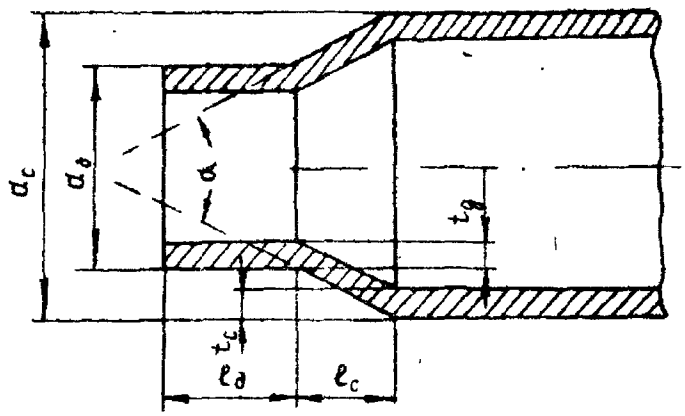

Рис. 91. Дульце и скат гильзы.

при номинальных значениях толщины t_c и диаметра d_c (рис. 91).

Из условия сохранения объема кольцевого участка гильзы при обжиме (см. § 30) имеем

$$t_i = \sqrt{\frac{d_{i-1}}{d_i}} \cdot t_{i-1}.$$

Учтя изменение диаметра пуансона последней вытяжки на длине ската и уменьшение толщины стенок обжатого дульца при калибровке расправочным стержнем соответственно коэффициентами β и φ, получим

$$t_д = \varphi \sqrt{\frac{d_c}{d_д}} \cdot \left(t_c - \frac{1}{2}\beta l_c\right).$$

Переходя к относительным величинам, получим

$$m_д = \varphi \frac{d_c}{d_д} \sqrt{\frac{d_c}{d_д}} \left(m_c - \beta \frac{l_c}{d_c}\right)$$

или

$$m_д = \varphi\psi \sqrt{\psi} \left(m_c - \beta \frac{l_c}{d_c}\right). \qquad (84)$$

По существующим технологическим процессам входящие в выражение (84) коэффициенты находятся в пределах $\varphi = 0{,}7 \div 0{,}9$ и $\beta = 0{,}010 \div 0{,}015$.

Длина ската может быть выражена через угол конусности ската α:

$$l_c = (d_c - d_д)\frac{1}{2}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2},$$

тогда

$$\frac{l_c}{d_c} = \left(1 - \frac{d_д}{d_c}\right)\frac{1}{2}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} = \left(1 - \frac{1}{\psi}\right)\frac{1}{2}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}.$$

Величина $\frac{1}{2}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}$ у существующих гильз с фиксацией патрона скатом находится обычно в пределах от 1 до 2, что соответствует пределам изменения угла α примерно от 30 до 50°. У гильз с выступающей закраиной или выступом на корпусе длина ската обычно больше при меньшей конусности, так как она в этих случаях не оказывает влияния на точность фиксации патрона.

Зная все величины, входящие в выражение (84), можно определить относительную толщину стенки дульца $m_д$. Для определения абсолютной толщины надо знать диаметр дульца.

Внутренний диаметр дульца определяется диаметром ведущей части пули $d_п$ и натягом посадки пули в дульце. Относительная величина натяга q имеет выражение

$$q = \frac{d_п - d_{о\,д}}{d_{о\,д}} = \frac{d_п}{d_{о\,д}} - 1,$$

откуда

$$d_{о\,д} = \frac{d_п}{1+q}. \qquad (85)$$

Максимальные значения относительного натяга (при номинальных значениях размеров) находятся обычно в пределах

$$q = 0{,}006 \div 0{,}010.$$

Наружный диаметр дульца выражается через внутренний диаметр и толщину стенки

$$d_д = d_{о\,д} + 2t_д = \frac{d_п}{1+q} + 2t_д.$$

Поделив обе части равенства на $d_д$, получим

$$1 = \frac{d_п}{d_д(1+q)} + m_д,$$

откуда

$$d_д = \frac{d_п}{(1-m_д)(1+q)},$$

тогда абсолютная толщина стенки

$$t_д = m_д \frac{d_д}{2}.$$

Допуск на внутренний диаметр дульца берется так, чтобы пуля оставалась в дульце гильзы всегда с натягом q_{min}.

Из выражения (85) получаем

$$d_{о\,д} + \delta d_{о\,д} = \frac{d_п - \delta d_п}{1 + q_{min}},$$

откуда, пренебрегая величиной $q_{min}\delta d_{о\,д}$,

$$\delta d_{о\,д} = d_п - (1 + q_{min}) d_{о\,д} - \delta d_п.$$

Допуск на наружный диаметр дульца назначается в соответствии с допусками на толщину стенки и внутренний диаметр

$$\delta d_д = \delta d_{о\,д} + 2\delta t_д.$$

Размеры донной части гильзы

Толщина дна гильзы должна быть такой, чтобы им перекрывался вырез для головки выбрасывателя на казенном срезе ствола во избежание выпучивания в него стенки гильзы при выстреле. Размеры головки выбрасывателя, а следовательно, и размеры выреза на казенном срезе ствола обычно увеличиваются с увеличением диаметра донной части гильзы. Поэтому с увеличением диаметра гильзы должна увеличиваться и толщина дна.

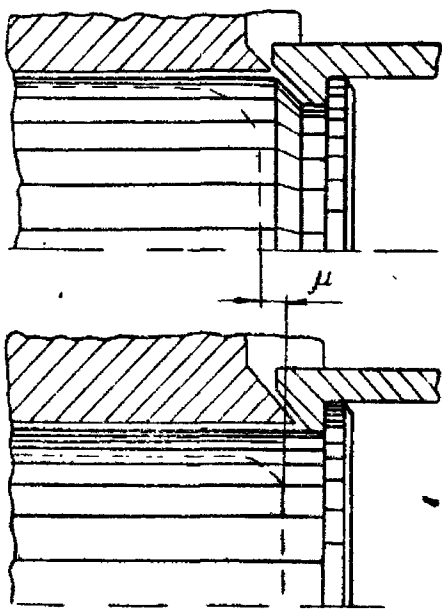

Рис. 92. Зависимость толщины дна гильзы от конструкции закраины.

Для гильз с невыступающей закраиной толщину дна можно брать в пределах

$$h_{дн} = (0{,}40 \div 0{,}45) d_{дн},$$

где $d_{дн}$ — диаметр донной части гильзы.

У гильз с выступающей закраиной толщина дна может быть взята несколько меньшей (рис. 92), так как при тех же условиях работы выбрасывателя гильза с выступающей закраиной меньше открывается вырезом для выбрасывателя. Она находится обычно в пределах

$$h_{дн} = (0{,}32 \div 0{,}37)\, d_{дн}.$$

Форма внутренней поверхности дна делается обычно в виде плоскости с закруглением места перехода дна в стенки радиусом, величина которого берется равной 1÷2 *мм* для гильз нормального стрелкового калибра и 3÷4 *мм* для гильз крупного калибра. Любая иная форма внутренней поверхности дна гильзы вызывается чисто технологическими соображениями.

Форма наружной поверхности дна у современных гильз делается плоской со знаками клеймения в виде углублений. Всякие другие углубления, неровности, в том числе выступающие знаки маркировки на наружной поверхности дна нежелательны во избежание больших напряжений смятия и деформации дна гильзы при выстреле, что способствует поперечным разрывам гильзы.

Диаметр капсюльного гнезда выбирается с таким расчетом, чтобы получить определенный натяг посадки капсюля

$$q = \frac{d_к - d_{к\,г}}{d_{к\,г}},$$

откуда

$$d_{к\,г} = \frac{d_к}{1+q}, \qquad (86)$$

где $d_к$ — диаметр капсюля;

$d_{к\,г}$ — диаметр капсюльного гнезда.

Величина натяга находится обычно в пределах $q = 0{,}020 \div 0{,}025$ при номинальных значениях диаметров гнезда и капсюля.

Допуск на диаметр капсюльного гнезда назначается так, чтобы при крайних отклонениях размеров оставался еще натяг посадки капсюля порядка 0,002 ÷ 0,003. Тогда выражение (86) можно записать так:

$$d_{к\,г} + \delta d_{к\,г} = \frac{d_к - \delta d_к}{1 + q_{min}}.$$

Пренебрегая величиной произведения $q_{min}\delta d_{к\,г}$ в сравнении с величиной $\delta d_к$, получаем значение допуска на диаметр капсюльного гнезда

$$\delta d_{к\,г} = d_к - (1 + q_{min})\, d_{к\,г} - \delta d_к.$$

Глубина капсюльного гнезда определяется высотой капсюля и глубиной его посадки (рис. 93)

$$h_{к\,г\,min} = h_{к\,max} + e_{1\,min} + e_{2\,max}.$$

Так приходится назначать минимальную глубину капсюльного гнезда потому, что фактическая высота капсюля ($h_к$) и глубина его посадки (e_2) получаются в производстве независимо друг от друга.

Минимальный зазор между торцем капсюля и дном капсюльного гнезда (e_1) берется от 0,1 *мм* и выше в зависимости от радиуса сопряжения стенок гнезда с дном, а максимальная глубина

посадки капсюля (e_2) находится обычно в пределах от 0,2 до 0,4 *мм*, позволяющих осуществить крепление капсюля в гнезде путем кернения.

Допуск на глубину капсюльного гнезда берется обычно по четвертому классу точности.

Для обеспечения вставки капсюля в гнездо по кромке капсюльного гнезда делается фаска 0,5 *мм* под углом 30°. Сопряжение стенок с дном капсюльного гнезда осуществляется радиусом 0,2—0,3 *мм*. Большой радиус закругления брать не рекомендуется во избежание обжима кромки капсюля при вставке его в гнездо и прорыва пороховых газов по окружности капсюля при выстреле.

Высота наковальни, измеряемая от наружной поверхности дна гильзы (рис. 93), определяется аналогично глубине капсюльного гнезда

$$h_{н\,min} = b_{к\,max} + e_{з\,min} + e_{2\,max}.$$

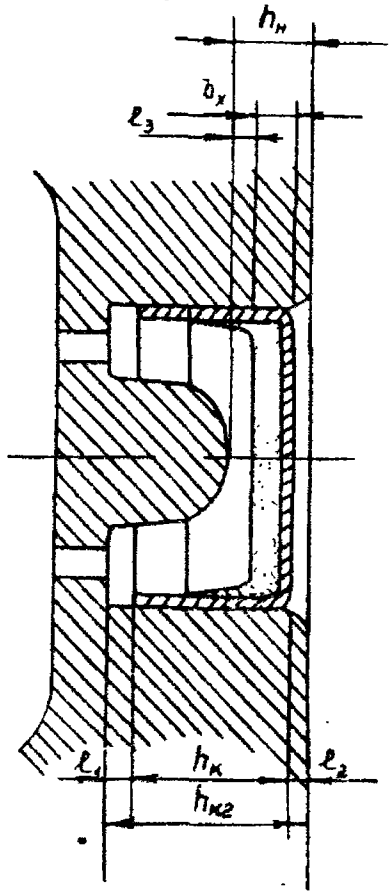

Рис. 93. Капсюльное гиездо с капсюлем.

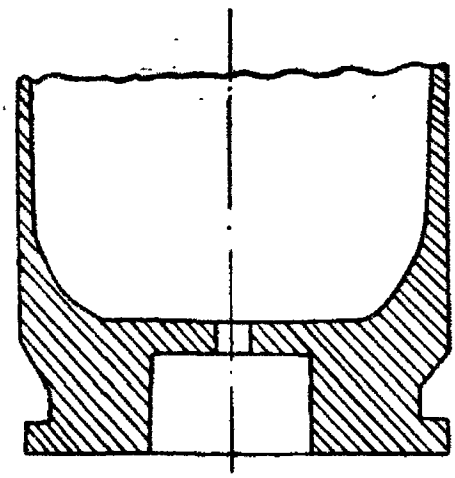

Рис. 94. Капсюльиое гнездо без наковальни.

Ударный состав обычно поджимается к наковальне, и величина $e_з$ находится в пределах от —0,20 до —0,02 *мм*.

Диаметр наковальни берется обычно в пределах

$$d_н = (0{,}4 \div 0{,}5)\, d_{к\,г}.$$

Вершина наковальни делается полусферической.

Если применяется электрокапсюль-воспламенитель или капсюль с собственной наковальней, то наковальня в капсюльном гнезде не делается (рис. 94). В этом случае делается одно центральное затравочное отверстие.

При наличии наковальни делается обычно два затравочных отверстия, как показано на рис. 93. Встречаются иногда наклон-

ные затравочные отверстия (рис. 95), которые могут быть образованы сверлением за один переход, почему они и получили некоторое применение. Иногда наклонные затравочные отверстия образуются в наковальне (рис. 96), что позволяет сохранить достаточно большими поперечные размеры наковальни при сравни-

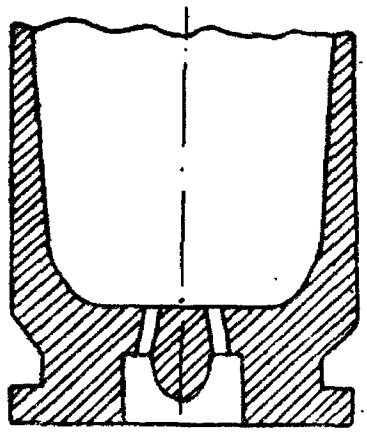

Рис. 95. Наклонные затравочные отверстия в перегородке.

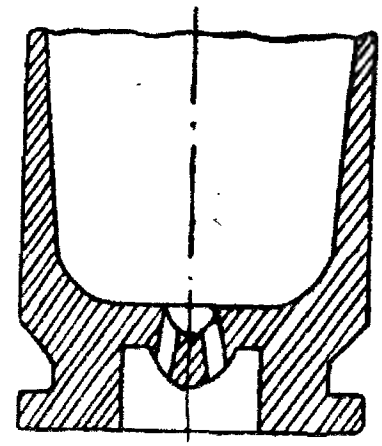

Рис. 96. Наклонные затравочные отверстия в наковальне.

тельно толстых стенках колпачка капсюля и небольшом диаметре капсюльного гнезда. С этой же целью иногда в наковальне делается одно центральное затравочное отверстие (рис. 97).

Диаметр затравочных отверстий зависит до некоторой степени от диаметра капсюльного гнезда, характеризующего мощность применяемого капсюля, и от числа затравочных отверстий.

При двух затравочных отверстиях диаметр их находится в пределах

$$d_{з\,о} = (0{,}13 \div 0{,}18)\, d_{к\,г}.$$

При одном затравочном отверстии его диаметр берется несколько большим. Если исходить из равенства площадей поперечного сечения одного и двух затравочных отверстий, то для одного можно брать

$$d_{з\,о} = (0{,}20 \div 0{,}25)\, d_{к\,г}.$$

Толщина перегородки определяется толщиной дна гильзы и глубиной капсюльного гнезда

$$h_{п} = h_{дн} - h_{к\,г}.$$

При назначении толщины перегородки приходится учитывать способ образования затравочных отверстий. Образование отверстий пробивкой удается при толщине перегородки, не превышающей диаметра отверстия. В противном случае отверстия прихо-дится сверлить.

Уменьшения толщины перегородки при заданной толщине дна можно достигнуть за счет введения выемки на внутренней поверхности дна гильзы. Во избежание так называемых провалов наковальни при разбитии капсюля толщина перегородки не должна быть меньше $0{,}2\ d_{к\,г}$.

Размеры закраины (рис. 98) выбираются из условий прочного сопротивления усилиям, возникающим при экстракции и отражении гильзы. Гильза зажимается в патроннике главным образом на участках вблизи дна, поэтому усилия экстракции тем больше,

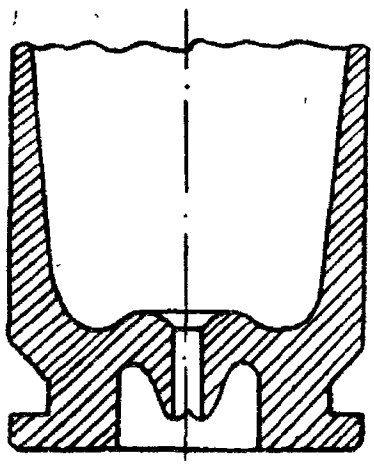

Рис. 97. Центральное затравочное отверстие в наковальне.

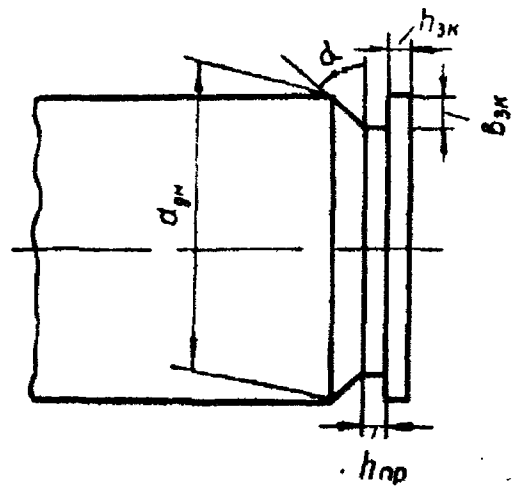

Рис. 98. Размеры закраины.

чем больше диаметр гильзы у дна. Закраина гильзы должна быть тем прочнее, чем больше диаметр гильзы. У существующих гильз толщина закраин находится большей частью в пределах

$$h_{з\,к} = (0{,}09 \div 0{,}13)\, d_{дн},$$

где $d_{дн}$ — диаметр гильзы у закраины или кольцевой проточки.

Ширина закраины или глубина проточки обычно берется в пределах

$$b_{з\,к} = (0{,}6 \div 0{,}9)\, h_{з\,к}.$$

Для улучшения прочности закраины сопряжение ее с поверхностью корпуса или дном проточки осуществляется радиусом, обычно равным 0,5 *мм*.

Если закраина образуется кольцевой проточкой, то ширина последней по дну берется

$$h_{пр} = (1{,}0 \div 1{,}5)\, h_{з\,к}.$$

Передняя стенка проточки делается наклонной под углом порядка 45°.

§ 24. ОЧЕРТАНИЕ СТЕНОК КОРПУСА ГИЛЬЗЫ

Так как гильза при выстреле претерпевает осевые деформации, то в зависимости от профиля ее стенок эти деформации могут быть равномерно распределены по длине стенок или сосредоточены (сконцентрированы) на отдельных небольших участках. В последнем случае создаются условия для поперечного разрыва гильзы. Профиль стенок гильзы должен приближаться по возможности к равнопрочному профилю.

В оружии с запиранием затвора гильза удерживается затвором, а ее стенки растягиваются в осевом направлении в меру деформации деталей узла запирания и осадки дна, так как тормозящие гильзу силы превосходят сопротивление ее стенок. Силы трения стенок гильзы о поверхность патронника и деформация деталей узла запирания изменяются во времени в соответствии с изменением давления пороховых газов. С учетом этого изменения должен быть рассчитан и профиль стенок гильзы.

Решить задачу о расчете профиля стенок гильзы, предназначенной для стрельбы из оружия с запиранием затвора, можно следующим образом. Возьмем короткий участок гильзы и определим силу трения на его поверхности

$$R = \pi d_1 l f P_1.$$

Величину давления на наружной поверхности участка, считая его тонкостенным, можно определить так:

$$P_1 = P - \frac{2t}{d_1}\sigma_t,$$

где P — давление пороховых газов;
σ_t — тангенциальное напряжение;
t — толщина стенки.

Учитывая, что гильза работает в области пластических тангенциальных деформаций, а сопротивление ее вообще небольшое в сравнении с давлением газов, можно принять $\sigma_t = \sigma_s$. Тогда

$$R = \pi d_1 l f \left(P - \frac{2t}{d_1}\sigma_s\right), \tag{87}$$

где σ_s — предел текучести металла гильзы.

Прочное сопротивление стенок гильзы осевому напряжению может быть определено так:

$$Q_b = \pi d_1 t \sigma_b, \tag{88}$$

где σ_b — предел прочности металла гильзы.

Приравнивая выражения (87) и (88), получим

$$l f \left(P - \frac{2t}{d_1}\sigma_s\right) = t\sigma_b.$$

Введем в последнее выражение относительную толщину стенки

$$m = \frac{2t}{d_1},$$

получаем

$$2lf(P - m\sigma_s) = d_1 m\sigma_b,$$

откуда

$$l = \frac{md_1\sigma_b}{2f(P - m\sigma_s)}. \qquad (89)$$

Выражение (89) означает, что если длина цилиндрической гильзы не превосходит l, то гильза может смещаться в патроннике без разрыва. Это выражение можно применить и к расчету профиля стенок гильзы, запертой при выстреле затвором, если учесть процесс нарастания давления до максимального его значения.

Допустим, что какое-нибудь сечение гильзы доводится при выстреле до предела прочности. Это еще не означает, что гильза разорвется; она будет находиться только в состоянии начала образования кольцевой шейки. Определим теперь профиль гильзы вблизи этого сечения, который позволил бы иметь равномерное растяжение стенок. Поступим следующим образом. Проведем оси координат и отложим на оси ординат относительную толщину стенки m_r у дна, которой задаемся (рис. 99).

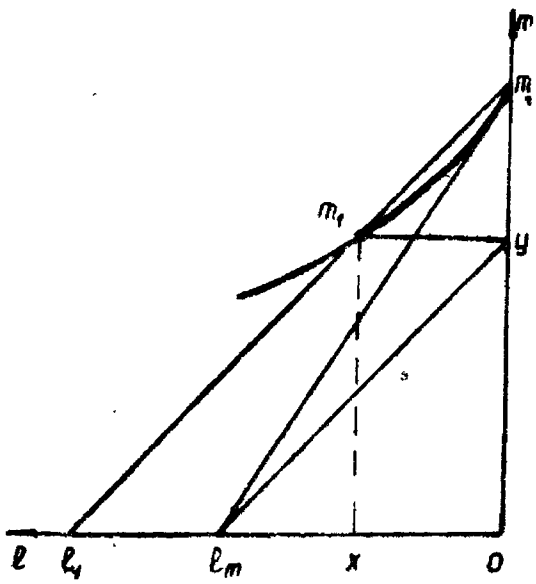

Рис. 99. Построение профиля стенок гильзы.

Воспользовавшись выражением (89), определим длину участка l_m при максимальном давлении газов P_{max}. Очевидно, начальный участок прямой, соединяющий точки l_m и m_r, и можно принять за профиль стенки равного сопротивления. Для меньшего давления $P_1 < P_{max}$ получим другую длину участка $l_1 > l_m$ с профилем в виде прямой, соединяющей точки l_1 и m_r. Если теперь определить толщину стенки при меньшем давлении, но соответствующую длине l_m, то она будет $y < m_r$. Вынеся ее на профиль стенки, соответствующий меньшему давлению, как показано на рис. 99, мы и получим точку искомого профиля. Таким образом, имеем две точки m_r и m_1. Следующую точку профиля m_2 можно определить аналогичным образом, взяв давление $P_2 < P_1$ и т. д.

Если сделать допущение, что механические характеристики металла постоянны по длине стенок гильзы, уравнение кривой профиля можно получить из рассмотрения треугольника ol_1m_r, в котором .

$$\frac{l_1}{x} = \frac{m_r}{m_r - y}.$$

По условиям построения

$$l_1 = l_m + x,$$

поэтому

$$\frac{l_m + x}{x} = \frac{m_r}{m_r - y},$$

откуда

$$y = m_r \frac{l_m}{l_m + x}. \qquad (90)$$

Учитывая, что $y = m = \frac{2t}{d}$ и $m_r = \frac{2t_r}{d_r}$, можно получить уравнение профиля, в которое входят абсолютные величины толщины стенок

$$t = \frac{d}{d_r} \cdot \frac{l_m}{l_m + x} \cdot t_r, \qquad (91)$$

где t и d — толщина стенки и диаметр гильзы на удалении x от сечения, с которого стенка сопрягается с дном одним радиусом r и которое имеет размеры t_r и d_r;

l_m — длина участка гильзы, определенная по выражению (89) с величинами m_r, d_r, P_{max}.

Относительная толщина стенок гильзы у дна находится большей частью в пределах

$$m_r = 0{,}15 \div 0{,}20.$$

В качестве примера на рис. 100 показан вид профиля 7,62-*мм* винтовочной гильзы, рассчитанного при

$$P_{max} = 3000 \ кГ/см^2,$$

$$\sigma_b = 40 \ кГ/мм^2,$$

$$\sigma_s = 30 \ кГ/мм^2 \quad \text{и} \quad f = 0{,}1.$$

Крестиками обозначены точки действительного профиля по чертежу. Как видно из рисунка, рассчитанный при указанных условиях профиль практически совпадает с действительным профилем.

В связи с этим интересно отметить, что винтовочная гильза, в зависимости от величины «зеркального» зазора, деформации деталей узла запирания и других условий, разрывается при вы-

стреле в различных сечениях, начиная от дна и кончая скатом. Очевидно, длительной практикой применения этой гильзы подобран наиболее выгодный профиль стенок.

Признаком неудачного профиля стенок может служить сосредоточение мест разрыва гильзы на определенном участке. Так, например, 12,7-*мм* гильза при большой деформации деталей узла запирания получает кольцевое растяжение или разрыв преимуще-

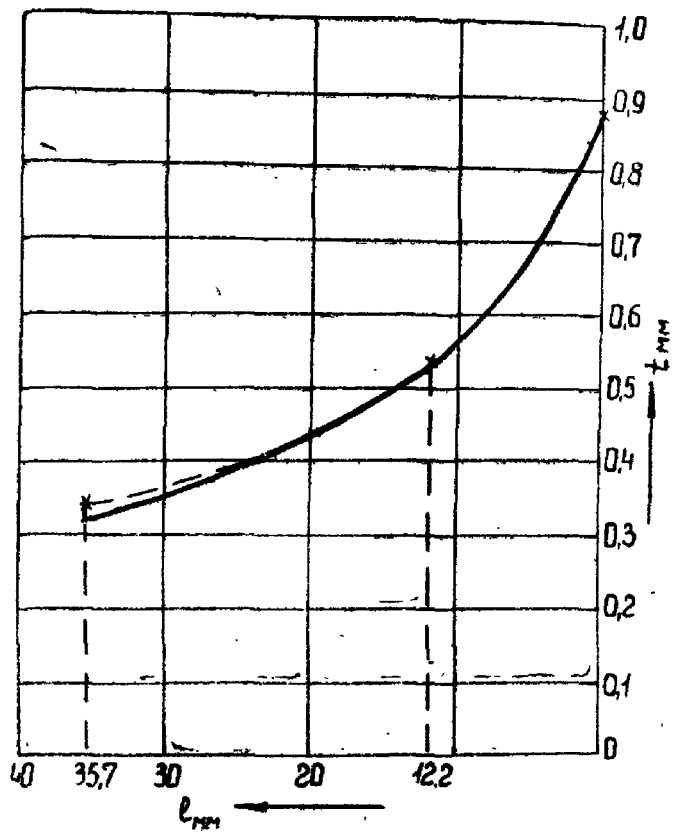

Рис. 100. Профиль стенок 7,62-*мм* винтовочной гильзы.

ственно на удалении 15—20 *мм* от наружной поверхности дна, а 14,5-*мм* гильза — на удалении 20—25 *мм*.

На возможность этих фактов указывают и расчеты. На рис. 101 показан действительный (пунктир) и расчетный профиль 12,7-*мм* гильзы, полученный при $P_{max} = 3200$ *кГ/см*^{2}, $\sigma_p = 35$ *кГ/мм*^{2}, $\sigma_s = 30$ *кГ/мм*^{2} и $f = 0{,}1$.

Действительные толщины стенок в донной части меньше расчетных. В этом же месте расположена и зона разрыва стенок (на рисунке заштрихована).

В оружии со свободным затвором гильза смещается вместе с затвором в течение всего процесса нарастания давления*. Прочность ее стенок всецело определяется силами трения. Профиль стенок гильзы здесь не имеет такого значения, как в системах с запиранием затвора. Зато для прочности важно,

* Имеется в виду наихудший случай, когда отсутствует явление выката затвора.

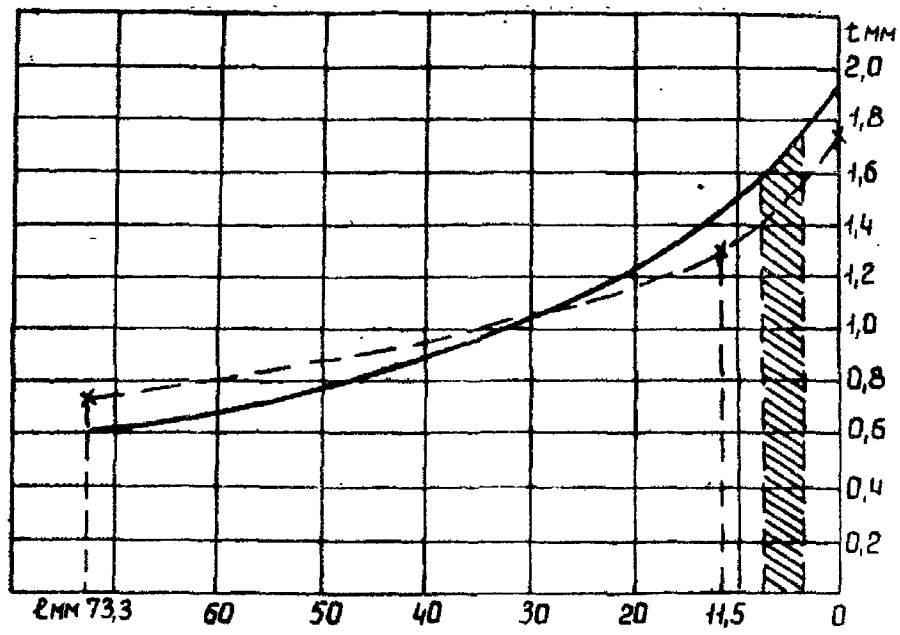

Рис. 101. Профиль стенок 12,7-*мм* гильзы.

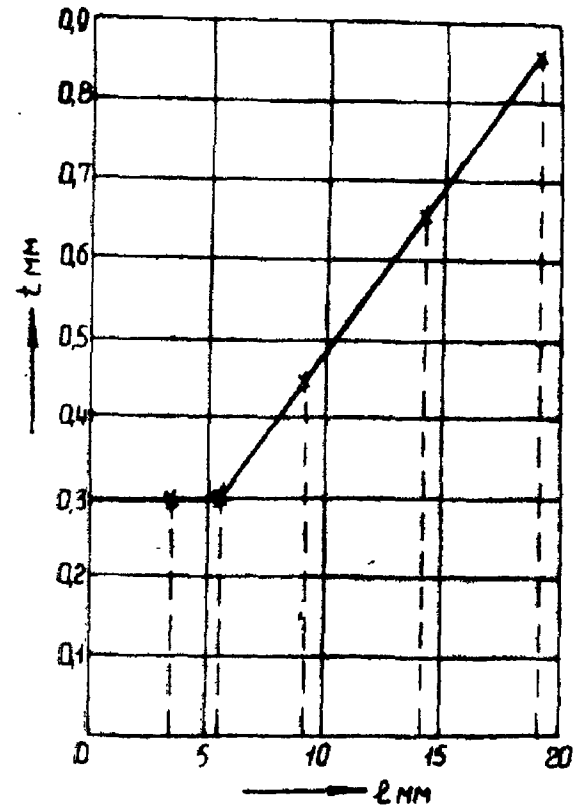

Рис. 102. Профиль стеиок 7,62-*мм* пистолетной гильзы.

чтобы сочетание длины стенок и толщины их у дна соответствовало условиям стрельбы (максимальное давление газов, силы трения и характеристики прочности материала гильзы). Это соответствие устанавливается выражением (89), которое для этого случая может быть записано так:

$$l_к = \frac{m_r d_r \sigma_b}{2f(P_{max} - m_r \sigma_s)}. \quad (92)$$

Если длина стенок гильзы $l_к$ задана, то по выражению (92) подбирается толщина стенок m_r; если задана толщина стенок, то длина их не должна превосходить величины, которая получается по выражению (92). Само же очертание стенок может быть наипростейшим, например, в виде прямой, что получается при вытяжке гильзы конусным пуансоном. В качестве примера на рис. 102 показан профиль стенок 7,62-*мм* пистолетной гильзы, нормально работающей в оружии с отдачей свободного затвора.

Относительная величина допуска на толщину стенок гильз находится обычно в пределах

$$\frac{\Delta t}{t} = 0{,}1 \div 0{,}2.$$

§ 25. РАБОТА ГИЛЬЗ ПРИ СТРЕЛЬБЕ

Условия работы гильз при стрельбе

Перед выстрелом между стенками гильзы и стенками патронника, а также между дном гильзы и дном чашечки («зеркалом») затвора обычно имеются зазоры, необходимые для обеспечения подачи патрона в патронник и надежного запирания затвора.

При выстреле, в период нарастания давления пороховых газов, гильза увеличивается в диаметре, выбирает начальный диаметральный зазор и прижимается к стенкам патронника. Полное соприкосновение стенок гильзы с поверхностью патронника происходит сначала в наиболее слабых сечениях, обычно у ската, и распространяется по корпусу гильзы к ее дну по мере дальнейшего нарастания давления. Таким образом гильза обеспечивает обтюрацию пороховых газов. При дальнейшем нарастании давления газов возникает давление на поверхности патронника, и происходит совместная деформация стенок гильзы и патронника. Наибольшего значения деформации достигают в момент максимального давления пороховых газов. Общая тангенциальная деформация стенок гильзы выходит за пределы упругой деформации.

Вследствие давления пороховых газов на дно гильзы последняя смещается к затвору и выбирает начальный «зеркальный» зазор. Начало смещения гильзы в осевом направлении определяется моментом начала движения пули и зависит от прочности крепления последней в дульце гильзы. Если давление газов, необходимое для смещения пули в дульце гильзы, не превосходит

тангенциального сопротивления стенок гильзы, то гильза смещается вначале свободно, а затем с нарастающими тормозящими силами трения на ее боковой поверхности. При высокой прочности крепления пули в дульце гильзы последняя смещается с самого начала при наличии сил трения. Ввиду большой боковой поверхности гильзы сила трения возрастает быстрее, чем сила давления на дно, поэтому с возрастанием давления газов происходит последовательная остановка отдельных участков гильзы, а смещение дна возможно только за счет осевой деформации еще не зафиксированных участков гильзы. После того, как выбран зазор за дном гильзы и в деталях узла запирания, сила давления газов передается через дно гильзы на затвор и вызывает деформацию деталей узла запирания и самого дна, за счет чего в свою очередь увеличивается осевая деформация стенок гильзы. Деформация гильзы в осевом направлении, в зависимости от величин «зеркального» зазора и деформации деталей узла запирания, также может выходить из упругой зоны.

В процессе нарастания давления газов происходит нагрев стенок гильзы. За счет температурных деформаций несколько уменьшаются тангенциальные и осевые напряжения.

При спаде давления пороховых газов получается обратная картина. Стенки патронника, получившие только упругую деформацию, занимают свое исходное положение. Стенки гильзы возвращаются только на величину упругой деформации и не доходят до своего исходного положения на величину остаточной деформации. Занимают свое исходное положение и детали узла запирания, получившие упругую деформацию. Гильза при этом смещается в конусный патронник. Нагрев стенок гильзы продолжается.

В зависимости от сочетания остаточной деформации стенок и смещения гильзы в патронник силами упругости деталей узла запирания гильза может оказаться к моменту спада давления газов свободной или зажатой с некоторым натягом. Величина натяга между гильзой и патронником уменьшается по мере остывания гильзы вследствие передачи тепла стенками патронника. Так работает гильза при одиночном выстреле из неавтоматического оружия.

Автоматическая стрельба отличается чрезвычайно малым промежутком времени от момента спада давления газов в канале ствола до начала извлечения гильзы из патронника (последнее часто начинается при наличии некоторого давления газов), интенсивным нагревом ствола, резкими перемещениями патрона при подаче в приемник и досылании в патронник, а также резкими перемещениями гильзы при экстракции и отражении. Все это усложняет условия работы гильзы.

К моменту начала извлечения гильзы в автоматическом оружии она не успевает отдать тепло стенкам патронника, тем более, что последние имеют высокую температуру. Вследствие этого увеличивается заклинивание гильзы в патроннике и усилие экстракции.

Условия экстракции гильзы ухудшаются еще и тем, что с нагревом ствола уменьшается модуль упругости его материала и увеличивается упругая деформация патронника.

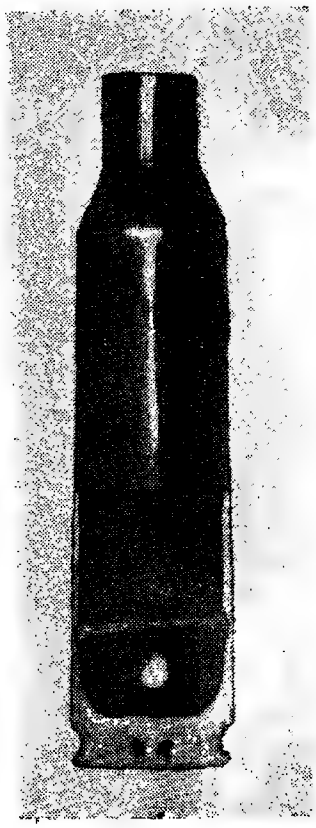

Рис. 103. Кольцевое растяжение стенок гильзы.

Если гильза при выстреле получила значительную местную деформацию (кольцевое растяжение, надрыв) (рис. 103), то вероятнее нарушение ее целостности при экстракции в автоматическом оружии вследствие большого усилия экстракции и кратковременного приложения этого усилия.

Резкие толчки и удары, испытываемые патронами в процессе подачи, вызывают необходимость соблюдения достаточной жесткости гильзы, исключающей ее помятости, и надежного крепления пули и капсюля во избежание их выпадения при стрельбе.

В зависимости от условий, которые создаются для работы гильзы при стрельбе, могут быть два основных дефекта, вызывающих длительные задержки в работе оружия — поперечный разрыв гильзы (рис. 104) и тугая экстракция гильзы. В первом случае часть гильзы остается в патроннике, что требует применения специального инструмента (извлекателя) для ее удаления из патронника. Во втором случае или трудно открыть затвор (неавтоматическое оружие), или подвижная система автоматики не доходит в заднее положение и не обеспечивает подачу очередного патрона. Если другие дефекты, которые могут иметь место при стрельбе, например выпадение пули и капсюля, могут быть сравнительно легко устранены, то обеспечение прочности гильзы и надежной ее экстракции иногда составляет техническую проблему.

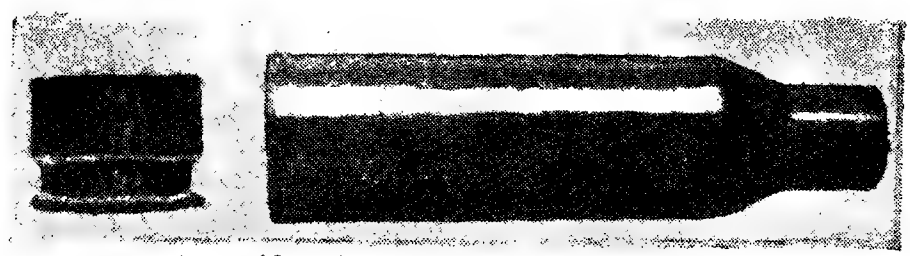

Рис. 104. Поперечный разрыв гильзы.

Факторы, влияющие на прочность и экстракцию гильз

На прочность и экстракцию гильз оказывают влияние как свойства патрона, так и свойства оружия. Если при проектировании оружия не принимаются все возможные меры к обеспечению

прочности и надежной экстракции гильзы, то такое оружие часто бракуется на первых же испытаниях. Поэтому выполнение всех необходимых мер, направленных на обеспечение прочности и экстракции гильз, еще в процессе проектирования оружия имеет особо важное значение.

Дело в том, что если оружие обладает в какой-то мере свойством давать поперечный разрыв или тугую экстракцию гильзы, то вместе с низкой надежностью его работы существенно затрудняется и его производство. На прочность и экстракцию гильзы в этом случае оказывают влияние иногда незначительные технологические дефекты, в результате чего получаются задержки в приеме готовой продукции, дополнительные отладки оружия и т. п. Не в меньшей мере затрудняется и производство патронов.

Если рассматривать отдельно **свойства патрона,** то можно указать следующие факторы, влияющие на прочность и экстракцию гильзы:

— максимальное давление пороховых газов;
— характеристики прочности металла гильзы;
— толщина и профиль стенок гильзы;
— конструкция и состояние металла дна гильзы;
— условия трения гильзы в патроннике;
— крепление пули в дульце гильзы;
— величина начального диаметрального зазора.

Уровень максимального давления пороховых газов является одним из основных факторов, определяющих работу гильзы при стрельбе. Чем больше давление, тем больше влияние всех остальных факторов на прочность и экстракцию гильзы. На рис. 105 показана характерная картина влияния максимального давления газов на экстракцию гильзы: чем больше давление, тем меньше конечные зазоры; с увеличением давления минимальные значения зазора смещаются к дну гильзы, большая разность зазоров непосредственно у дна характеризует пластическую деформацию дна гильзы*.

На рис. 106 приведены величины конечного зазора для двух гильз, имеющих различные твердости. Гильза с более высокой твердостью имеет бо́льшие значения конечного зазора.

Использовать повышение характеристик прочности материала гильзы, как эффективное средство улучшения экстракции, не всегда практически удается. Дело в том, что в оружии при сравнительно низкой жесткости узла запирания гильзы, обладающие высокими характеристиками прочности металла и

* Здесь и в дальнейшем приводятся опытные данные, полученные автором для одной из латунных гильз.

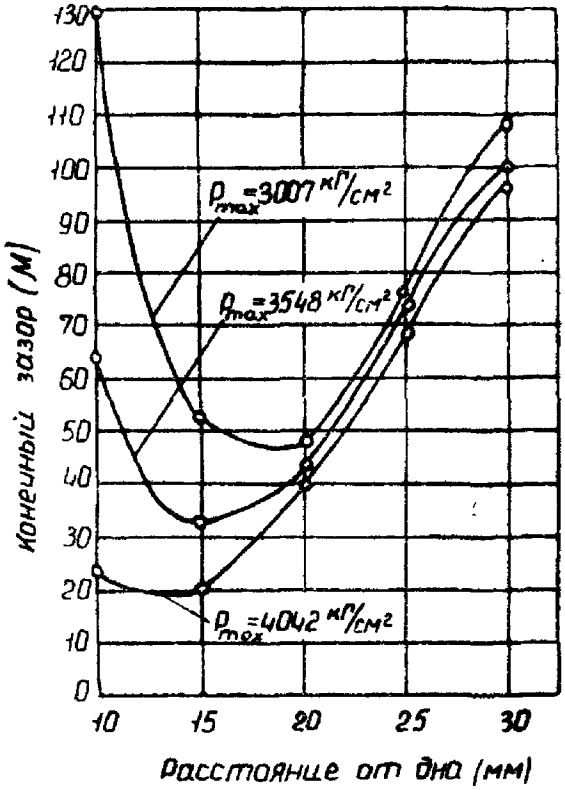

Рис. 105. Зависимость величин конечного зазора от максимального давления газов.

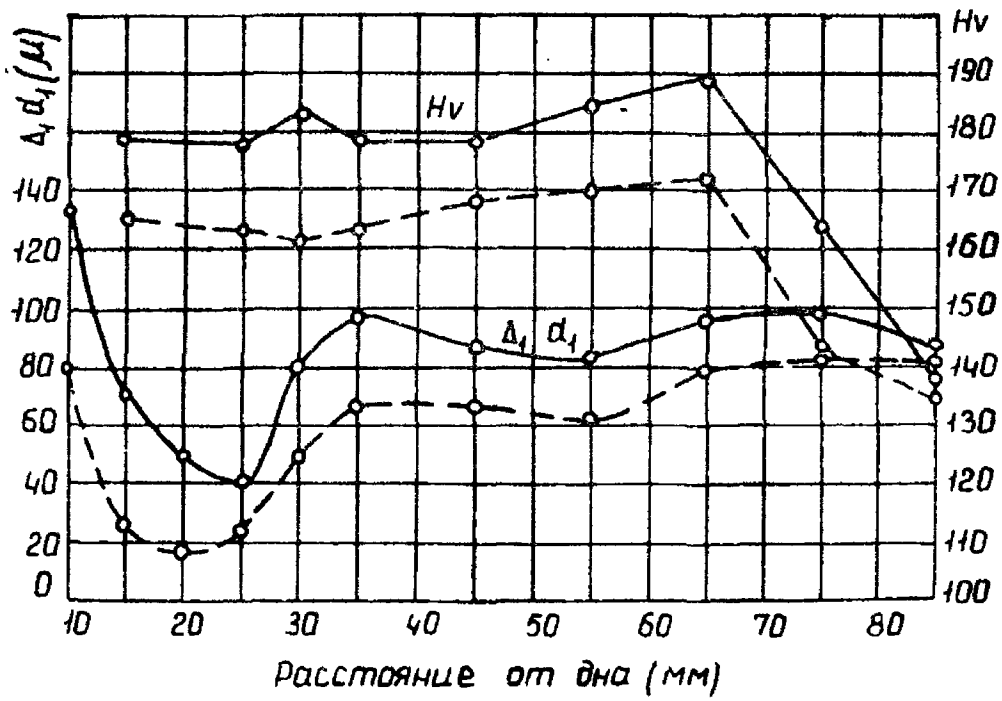

Рис. 106. Распределение твердости и конечного зазора по длине стенок гильзы.

низкими характеристиками пластичности, получают поперечные разрывы. Это является одним из немногих примеров в технике, когда для обеспечения прочности конструкции (гильзы) требуется понижать характеристики прочности ее металла, поскольку эта прочность определяется не сопротивлением, а деформацией, пластичностью материала.

Так как различные образцы оружия обладают различной упругостью узла запирания и другими особенностями, то для каждого образца оружия существуют и свои наивыгоднейшие характеристики прочности металла стенок гильзы — максимально возможные характеристики прочности, при которых еще отсутствуют поперечные разрывы гильзы. Они устанавливаются опытным путем — стрельбой.

Естественно, что все сказанное относится к гильзам, работающим в системах с запиранием затвора. Для систем оружия со свободным затвором повышение характеристик прочности металла гильзы сопровождается повышением прочности и самой гильзы.

Некоторое значение для обеспечения прочности и экстракции гильз имеет модуль упругости гильзового материала, связанный с упругой деформацией стенок гильзы. Условия экстракции гильзы более благоприятны при меньшем модуле упругости, что подтверждается опытом применения стальных и латунных гильз. Стальные гильзы более склонны к тугой экстракции в сравнении с латунными, несмотря на более высокие характеристики прочности металла, поскольку модуль упругости у стали примерно в два раза больше, чем у латуни.

Толщина стенок гильзы сама по себе не оказывает столь существенного влияния на прочность и экстракцию гильзы, чтобы она выбиралась из этих соображений. В целях получения наименьшего веса гильзы (патрона) толщина стенок гильзы выбирается минимальной, с учетом служебной прочности (достаточной сопротивляемости толчкам и ударам, возникающим в процессе подачи патронов, и надежности крепления пули во избежание ее выпадения).

Что касается профиля стенок, то он оказывает существенное влияние на прочность и экстракцию гильзы. В зависимости от характера изменения толщины стенок осевая деформация гильзы при выстреле может быть более или менее равномерно распределена по длине стенок или сосредоточена на отдельных коротких участках. В последнем случае создаются условия для поперечного разрыва гильзы. Увеличение осевых напряжений в месте концентрации деформации сопровождается уменьшением конечных зазоров и ухудшением экстракции. На рис. 105 и 106 минимальным значениям конечного зазора как раз и соответствует концентрация осевой деформации. Исследуемая гильза в этих местах получала кольцевую шейку (см. рис. 103).

Характером влияния осевых напряжений обусловлено и влияние конструкции дна на прочность и экстракцию гильзы.

Наличие кольцевой проточки для зацепа выбрасывателя в сочетании с низкими механическими характеристиками прочности в значительной степени ослабляет сопротивление дна гильзы сжимающим нагрузкам. За счет пластической деформации сжатия дна происходит дополнительное осевое растяжение стенок и увеличение поперечных размеров донной части гильзы, чем и объясняется ухудшение прочности и экстракции гильзы, особенно при большой деформации деталей узла запирания.

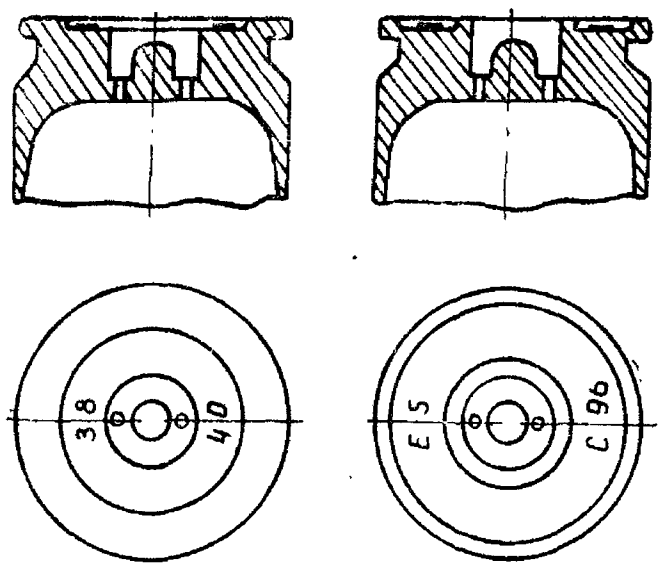

Рис. 107. Фигурная форма наружной поверхности дна гильзы.

В связи с этим неблагоприятное влияние оказывает на работу гильзы такой, на первый взгляд, отдаленный фактор, как форма наружной поверхности дна гильзы. Различного рода углубления на поверхности дна для расположения выступающих знаков клеймения (рис. 107) уменьшают опорную поверхность и способствуют деформации дна. Если углубление располагается близко к закраине, оно ослабляет и закраину. С этой точки зрения предпочтительнее иметь плоскую наружную поверхность дна гильзы со знаками клеймения в виде углублений (рис. 108).

В зависимости от условий трения гильза будет остановлена силами трения в различные моменты времени, от чего зависит как сама величина осевого растяжения стенок гильзы, так и характер ее распределения по длине стенок. Осевые растяжения стенок, как указывалось, ухудшают условия прочности и экстракции гильзы. Экстракция ухудшается еще и тем, что для извлечения заклинившейся гильзы требуется приложить тем большее усилие, чем больше сила трения. Отсюда вытекает важность таких требований, как чистота обработки патронника и изыскание антикоррозийных покрытий для гильзы, уменьшающих трение. Роль трения подтверждается общеизвестным фактом: смазанная гильза не рвется при стрельбе в тех условиях, в каких рвется несмазанная гильза, и извлекается из патронника с меньшим усилием.

Не лишне заметить, что смазка улучшает прочность и экстракцию гильз только в том случае, если она наносится на всю гильзу или ее переднюю часть. Наличие смазки только в донной части

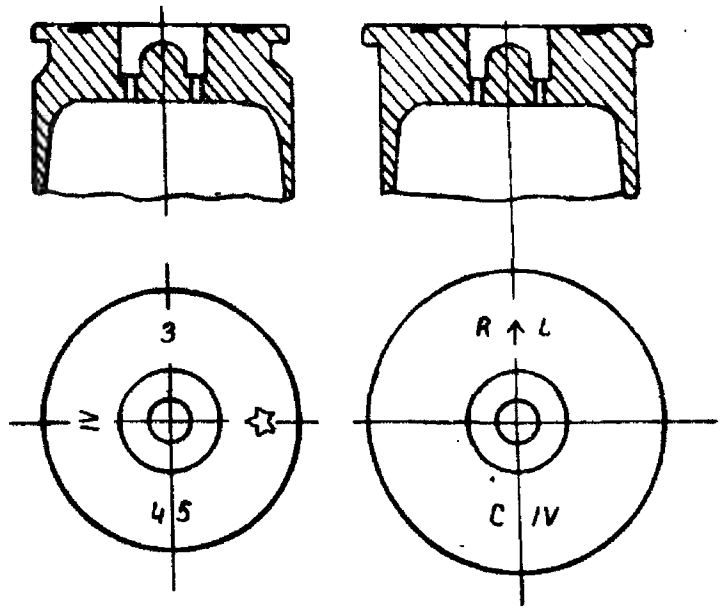

Рис. 108. Плоская форма наружной поверхности дна гильзы.

гильзы приводит к разрыву последней. Разрыв получается обычно на границе смазанной и сухой части.

В качестве примера на рис. 109 приведены величины конечных зазоров двух латунных гильз, одна из которых перед выстрелом

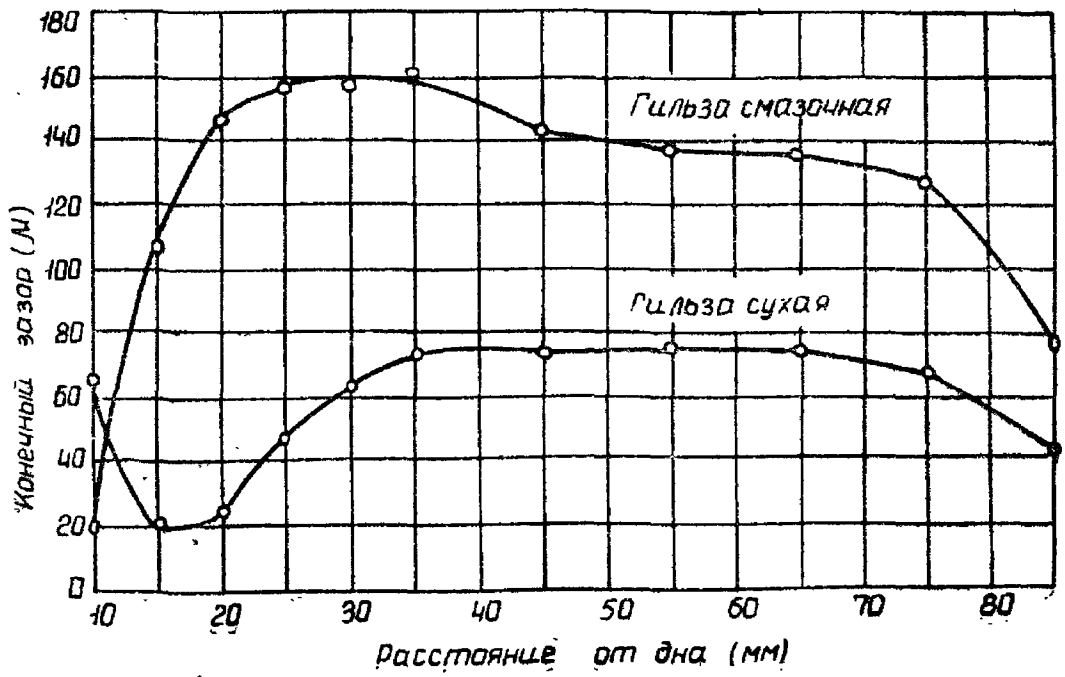

Рис. 109. Распределение конечных зазоров по длине стенок сухой и смазанной гильзы.

была покрыта тонким слоем веретенного масла. Обычный минимум конечного зазора у смазанной гильзы не наблюдается, что объясняется отсутствием концентрации осевого растяжения. На

рис. 110 эти гильзы показаны в разрезе. Сухая гильза при тех же прочих условиях стрельбы получила кольцевое растяжение стенок, а смазанная не имеет никаких признаков подобного растяжения. Рис. 109 также показывает, что смазанная гильза получила большую деформацию дна, что объясняется бо́льшим сжимающим дно усилием.

В зависимости от прочности крепления пули в дульце гильзы началу смещения последней в патроннике может соответствовать различный уровень давления пороховых газов. При высоком давлении газов гильза с самого начала будет смещаться при наличии значительных сил трения. В результате этого стенки гильзы оказываются больше растянутыми в осевом направлении к моменту максимального давления газов, чем это произошло бы при слабом креплении пули. Кроме того, с увеличением прочности крепления пули в дульце гильзы увеличивается максимальное давление газов, поскольку увеличивается часть заряда, сгорающая в условиях постоянного объема.

Если для крупнозернистых порохов (крупнокалиберные патроны) увеличение давления газов при значительном изменении крепления пули не столь существенное (порядка 2—3%), то для мелкозернистых порохов (винтовочные и автоматные патроны) оно может быть значительным (8—10%) и может оказать заметное влияние на условия работы гильзы. В связи с этим рекомендуется не прибегать без надобности к чрезмерно прочному креплению пули в дульце гильзы и устанавливать, наряду с нижним пределом, верхний предел пулеизвлекающего усилия.

Обычно придается большое значение влиянию на экстракцию гильзы начального диаметрального зазора между стенками гильзы и патронника, однако часто его переоценивают. Величины начального зазора обычно достаточно большие (0,8—1% от диаметра), и дальнейшее их увеличение не приводит к существенному повышению механических характеристик прочности металла вследствие незначительной интенсивности упрочнения при больших пластических деформациях. Зато большие диаметральные зазоры, вследствие взаимного влияния деформаций, приводят к увеличению осевых напряжений в стенках гильзы, ухудшающих прочность и экстракцию гильз. При больших начальных зазорах чаще проявляется такой дефект гильз, как продольный разрыв стенок (рис. 111).

Из **свойств оружия** оказывают влияние на прочность и экстракцию гильзы следующие:

— упругая деформация деталей узла запирания;
— толщина стенок патронника;
— «зеркальный» зазор;
— конструкция дна чашечки («зеркала») затвора;
— конструкция казенного среза ствола.

Упругая деформация узла запирания оказывает решающее влияние на прочность и экстракцию гильз при достаточно больших давлениях пороховых газов. Она зависит от жесткости узла запирания, которая может быть охарактеризована коэффициентом жесткости

$$\eta' = \frac{Q}{\lambda},$$

где Q — усилие, действующее на „зеркало" затвора;
λ — соответствующая ему деформация деталей узла.

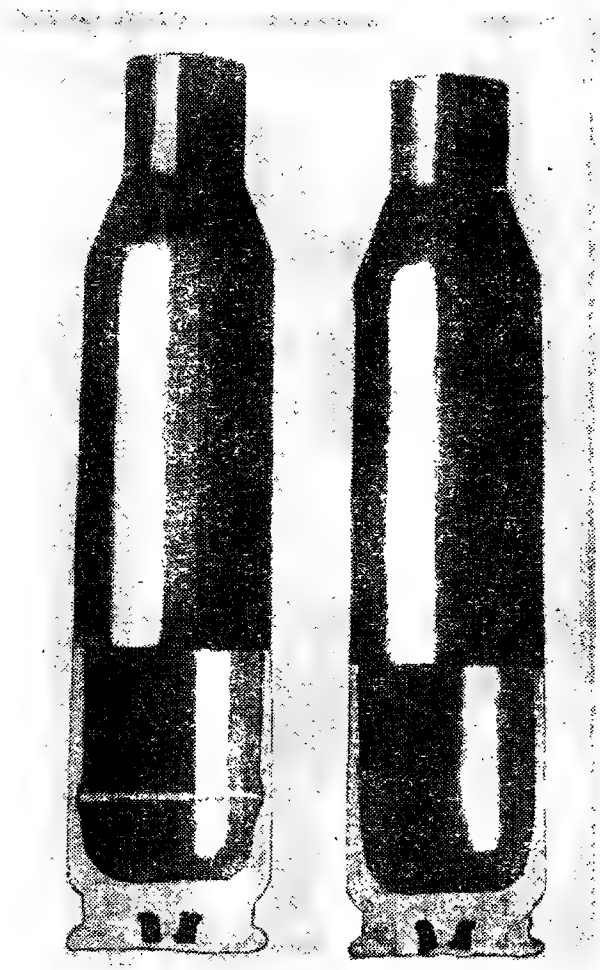

Рис. 110. Гильзы после стрельбы сухим и смазанным патроном.

Рис. 111. Продольный разрыв гильзы.

Усилие может быть определено так:

$$Q = \frac{\pi d_0^2}{4} P - \frac{\pi (d_1^2 - d_0^2)}{4} \sigma_z = \frac{\pi d_1^2}{4} [b^2 P - (1 - b^2) \sigma_z],$$

где d_1 — диаметр патронника у казенного среза ствола;
d_0 — внутренний диаметр гильзы в месте начала сопряжения стенок с дном;

σ_z — осевое напряжение стенок гильзы в этом же сечении;
b — отношение внутреннего диаметра гильзы к наружному;
P — давление пороховых газов.

Практически лучше пользоваться удельной силой и удельным коэффициентом жесткости узла запирания, приходящимися на единицу площади поперечного сечения патронника у казенного среза,

$$\eta_1 = \frac{b^2 P - (1 - b^2)\sigma_z}{\lambda} [кГ/мм^3]. \quad (93)$$

У существующих образцов оружия жесткость узла запирания можно определить опытным путем, замеряя максимальное давление газов P_{max} и максимальную деформацию деталей узла запирания λ_{max}. Осевое напряжение гильзы можно исключить или до минимума уменьшить. Ослабив, например, искусственным путем стенку гильзы у дна и получив поперечный разрыв, будем иметь $b = 1$ и

$$\eta_1 = \frac{P_{max}}{\lambda_{max}}. \quad (94)$$

При сравнительно высокой жесткости запирания, когда осевые напряжения в стенках гильзы небольшие, можно их еще уменьшить путем смазывания патрона и пренебречь ими. Тогда

$$\eta_1 = \frac{b^2 P_{max}}{\lambda_{max}}. \quad (95)$$

Пример. По данным В. Дейкина, в случае разрыва латунной гильзы при стрельбе из 14,5-*мм* ружья (ПТРС) величина деформации узла запирания достигает 2,15 *мм* при давлении в канале ствола 4000 $кГ/см^2$. Применив выражение (94), получаем

$$\eta_1 = \frac{40}{2{,}15} = 18{,}6\ кГ/мм^3.$$

По опытам автора при стрельбе из ПТРС смазанным патроном и давлении газов 3200 $кГ/см^2$ получается деформация узла запирания 1,40 *мм*.

По выражению (95) получаем

$$\eta_1 = \frac{0{,}9^2 \cdot 32}{1{,}4} = 18{,}5\ кГ/мм^3,$$

т. е. практически такую же величину, какая получена В. Дейкиным.

Укажем на все последствия низкой жесткости (большой деформации) деталей узла запирания.

1) С уменьшением жесткости узла запирания увеличиваются осевые растяжения и поперечные разрывы стенок гильзы. На

рис. 112 приведены результаты обследования латунных гильз одного из патронов после стрельбы с различными величинами деформации узла запирания. При деформации всего 0,34 *мм* уже начинают появляться признаки кольцевого растяжения стенок наиболее твердых гильз. Начиная с деформации 0,48 *мм* резко увеличивается количество гильз с признаками разрушения и появляются гильзы с кольцевыми растяжениями стенок. При деформаций 0,65 *мм* резко увеличивается количество кольцевых растяжений, а при деформации 0,89 *мм* появляются уже поперечные разрывы наиболее твердых гильз.

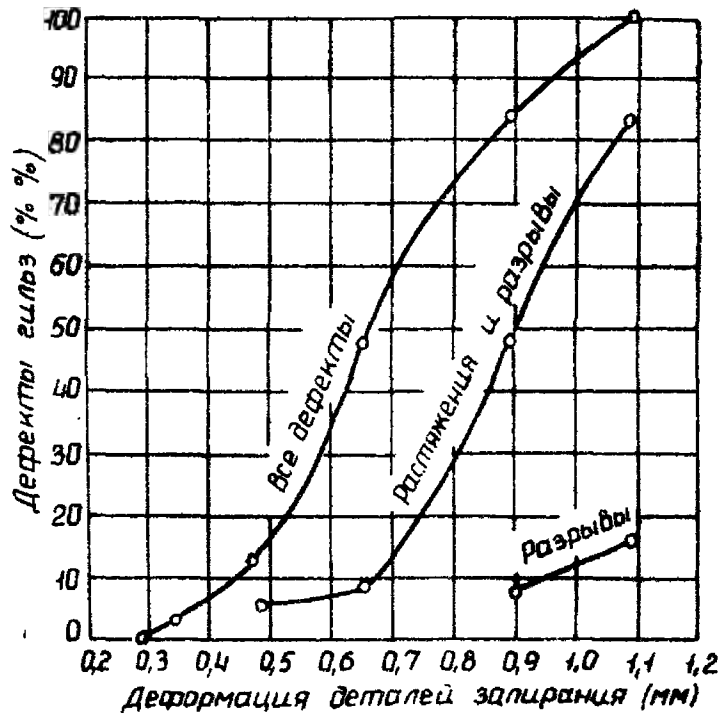

Рис. 112. Зависимость появления дефектов гильзы от деформации узла запирания.

2) Из сказанного следует, что низкая жесткость узла запирания не позволяет в ряде случаев улучшить экстракцию гильзы путем повышения характеристик прочности металла ее стенок, так как появляются поперечные разрывы гильзы. На рис. 113 показан случай разрыва твердой гильзы, в то время как менее твердая гильза при тех же условиях не получила поперечного разрыва.

3) При большой деформации деталей узла запирания резко ухудшается экстракция гильзы. Это происходит, с одной стороны, за счет осевых напряжений, уменьшающих конечный зазор, с другой стороны, за счет смещения гильзы в конусный патронник силами упругости деталей узла запирания при спаде давления пороховых газов. На рис. 114—115 показано влияние упругой деформации деталей узла запирания на усилие экстракции латунной гильзы 14,5-*мм* патрона.

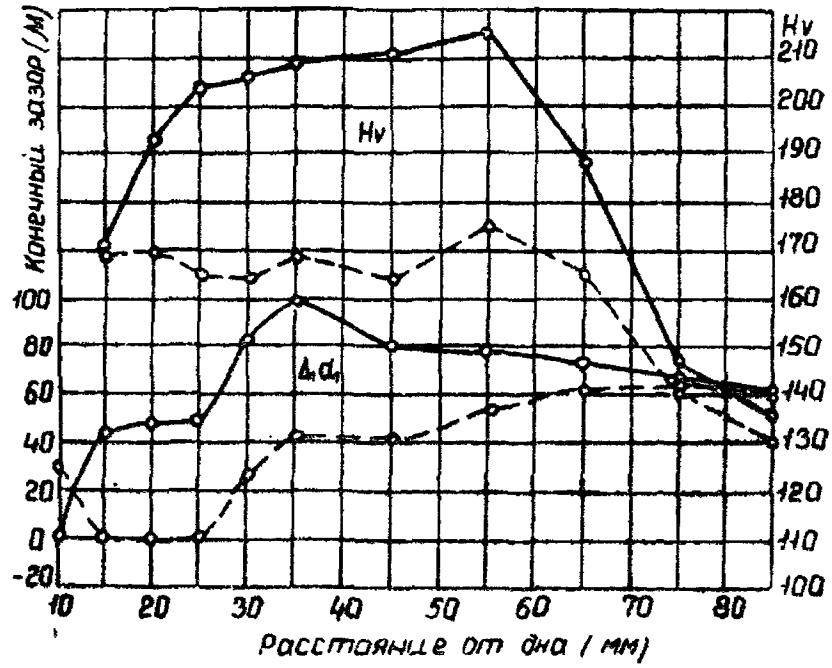

Рис. 113. Величины твердости и конечного зазора для двух латунных гильз (более твердая гильза разорвалась).

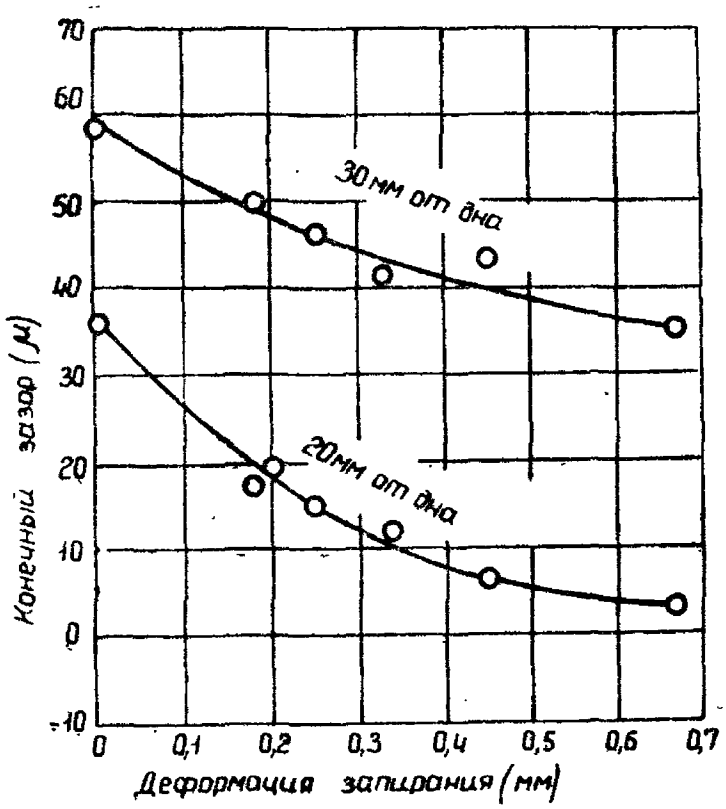

Рис. 114. Зависимость конечного зазора от деформации деталей узла запирания.

4) Поскольку с уменьшением жесткости узла запирания увеличивается заклинивание гильзы в патроннике, постольку увеличивается давление на опорных поверхностях запирающих деталей после спада давления в канале ствола и усилие, необходимое для отпирания затвора. Это увеличивает износ деталей, требует дополнительной энергии для отпирания затвора и равносильно тугой экстракции гильзы.

Подтверждением указанного явления может служить опыт стрельбы из систем с отводом пороховых газов с перекрытым

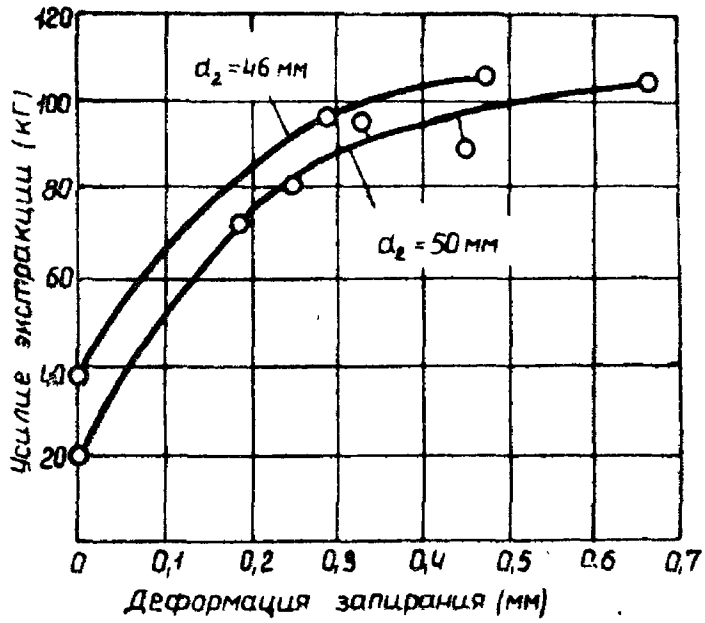

Рис. 115. Зависимость усилия экстракции от деформации деталей узла запирания.

газоотводным отверстием. При достаточно большой деформации узла запирания затвор у таких систем не удается открыть после выстрела вручную, без применения какого-либо инструмента.

Толщина стенок патронника, определяющая собой при заданном давлении упругую деформацию казенной части ствола, оказывает влияние на конечный зазор и экстракцию гильзы. Это влияние более заметно при тонких стенках патронника, что видно из рис. 116, где a — отношение наружного диаметра ствола к диаметру патронника. Влияние толщины стенки патронника на экстракцию гильзы видно также из рис. 115, где одна кривая относится к наружному диаметру ствола 46 *мм*, а другая — 50 *мм*. Увеличение толщины стенок патронника свыше соотношения a=2,5—3,0 не имеет практического значения для улучшения экстракции гильзы.

Величина «зеркального» зазора может оказать существенное влияние на прочность гильзы и частично на экстракцию в зависимости от условий смещения гильзы в патроннике на величину этого зазора. При свободном смещении гильзы величина зазора оказывает сравнительно небольшое влияние на прочность и

экстракцию, что подтверждается данными рис. 117. Двигаясь свободно, гильза сравнительно легко выбирает значительные зазоры прежде, чем ее стенки будут прижаты к стенкам патронника. Другое дело, если гильза в процессе движения назад встречает су-

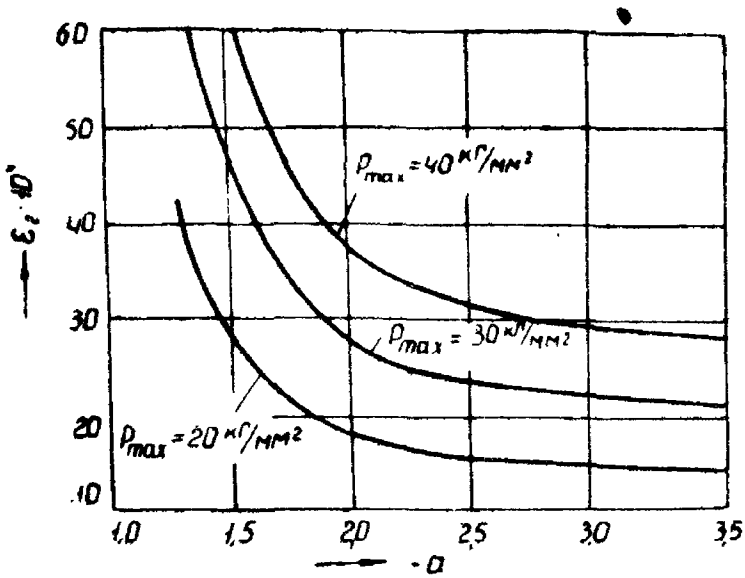

Рис. 116. Зависимость деформации патронника от соотношения поперечных размеров ствола.

щественные сопротивления движению. Наиболее характерный случай такого движения—это преодоление силы инерции тяжелого затвора и связанных с ним деталей, когда «зеркальный» зазор распределяется между деталями узла запирания. В этом случае

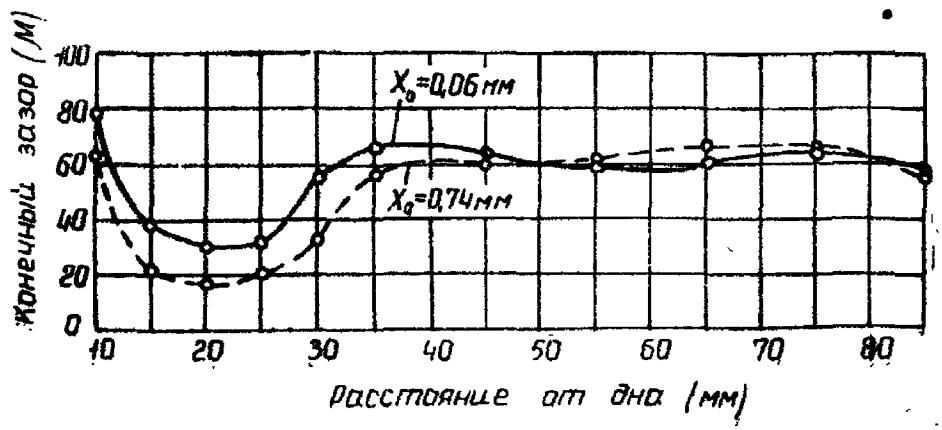

Рис. 117. Изменение конечного зазора вследствие изменения „зеркального" зазора.

гильза, смещаясь на величину зазора, работает как в оружии со свободным затвором и может получить поперечный разрыв при сравнительно небольшом «зеркальном» зазоре.

Конструкция дна чашечки затвора может оказать неблагоприятное влияние на прочность гильзы в том случае, если она имеет большие вырезы для выбрасывателя и отражателя,

существенно уменьшающие опорную поверхность для дна гильзы и способствующие его деформации.

При наличии значительной деформации деталей узла запирания нежелательны большие фаски и вырезы на казенном срезе ствола (в устье патронника), например, для головки выбрасывателя, так как эти фаски и вырезы создают условия для раздутия стенок гильзы и заклинения ее силами упругости узла запирания.

§ 26. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ

Из условий работы гильз при стрельбе вытекают следующие требования к гильзовым материалам:

— высокая пластичность, обеспечивающая обработку давлением в холодном состоянии и деформацию гильзы при выстреле без нарушения прочности;

— достаточная прочность, необходимая для проведения операций вытяжки и обеспечения требуемой жесткости гильзы (патрона), имеющей относительно тонкие стенки;

— высокая упругость, необходимая для обеспечения легкой экстракции гильзы из патронника после выстрела;

— неизменяемость механических свойств со временем и стойкость против самопроизвольного растрескивания;

— высокая антикоррозийная стойкость, необходимая в процессе изготовления и хранения исходного материала и готовых патронов;

— стойкость против действия высокой температуры;

— химическая нейтральность по отношению к пороховому заряду;

— хорошая обрабатываемость, обеспечивающая высокую стойкость рабочего инструмента в производстве;

— несложность термической обработки;

— дешевизна и недефицитность.

Наиболее полно удовлетворяет перечисленным требованиям латунь марок Л68 и Л70, но она является дорогим и дефицитным материалом для изготовления большого количества патронов, какое потребуется производить в военное время. Кроме того, латунь склонна к самопроизвольному растрескиванию, что усложняет длительное хранение патронов и требует ряда специальных мер, позволяющих замедлить процесс растрескивания.

Более дешевым и менее дефицитным материалом, почти полностью избавленным от самопроизвольного растрескивания, является малоуглеродистая сталь, но она уступает латуни в других отношениях:

— обладает менее высокими свойствами пластичности и меньшей упругостью вследствие большого модуля упругости;

— имеет низкие антикоррозийные свойства, что усложняет хранение исходного материала и полуфабриката и требует нанесения антикоррозийного покрытия на готовую гильзу;

— сталь хуже обрабатывается давлением, снижает стойкость рабочего инструмента и вынуждает наносить на полуфабрикат металлические покрытия, улучшающие условия обработки и исключающие коррозию.

В целях упрощения технологического процесса широкое применение получила малоуглеродистая сталь, плакированная томпаком, толщина слоя которого составляет 4—6% от толщины основного стального слоя. Томпак служит своего рода твердой смазкой при вытяжке стальных гильз и антикоррозийным покрытием полуфабрикатов и готовой гильзы.

Биметалл является наиболее хорошим сортом материала в сравнении с другими сортами стального исходного материала, но применение его также связано с расходованием дорогого сплава—томпака, причем часть этих расходов составляют безвозвратные

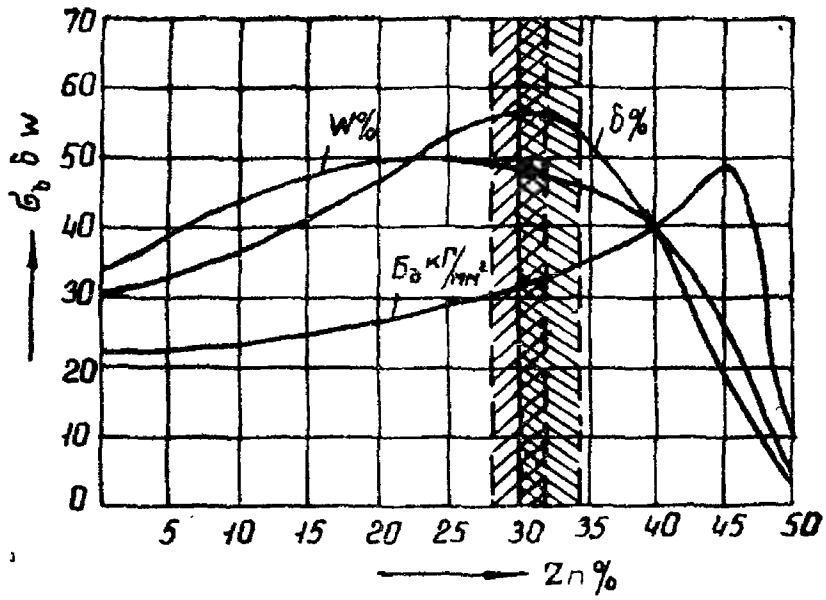

Рис. 118. Механические свойства латуни в зависимости от содержания цинка.

потери в виде отходов при изготовлении заготовок для гильз, обрезках полуфабрикатов и т. п. Кроме того, биметалл обладает специфическим недостатком, ограничивающим его применение для изготовления крупных гильз, требующих больших усилий при обработке: при свертке заготовки в колпачок и при вытяжке стенок гильзы большая часть томпака сгоняется матрицей с основного стального слоя на край полуфабриката.

При изготовлении гильз из биметалла не удается сохранить сплошность томпакового покрытия на готовой гильзе. У гильз с выступающей закраиной томпак совершенно снимается на корпусе у закраины (в результате штамповки дна), на боковой поверхности закраины и на срезе дульца — в результате их обточки. У гильз с невыступающей закраиной томпак снимается при образовании кольцевой проточки. В указанных местах сталь оказы-

вается незащищенной и подвергается интенсивной коррозии, что вынуждает наносить на них лаковое покрытие.

Химический состав **латуней,** применяемых для изготовления гильз, приводится в табл. 53. Латуни с указанным содержанием

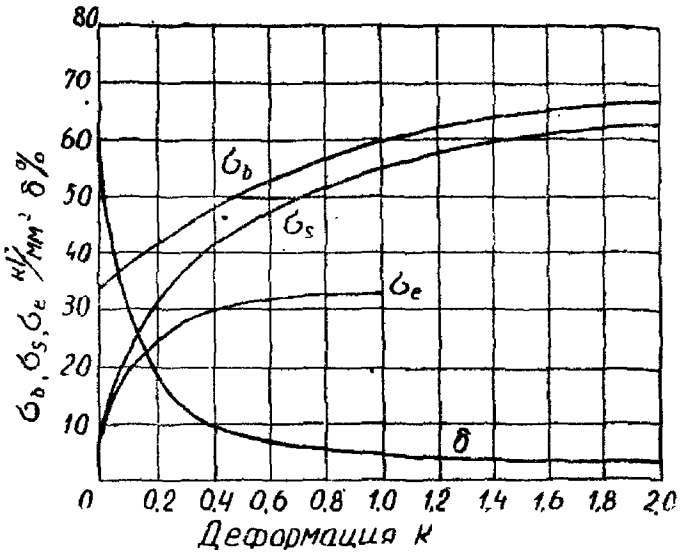

Рис. 119. Зависимость механических характеристик отожженной латуни Л68 от пластической деформации.

цинка обладают наиболее высокими свойствами пластичности и сравнительно высокими характеристиками прочности в исходном состоянии (рис. 118):

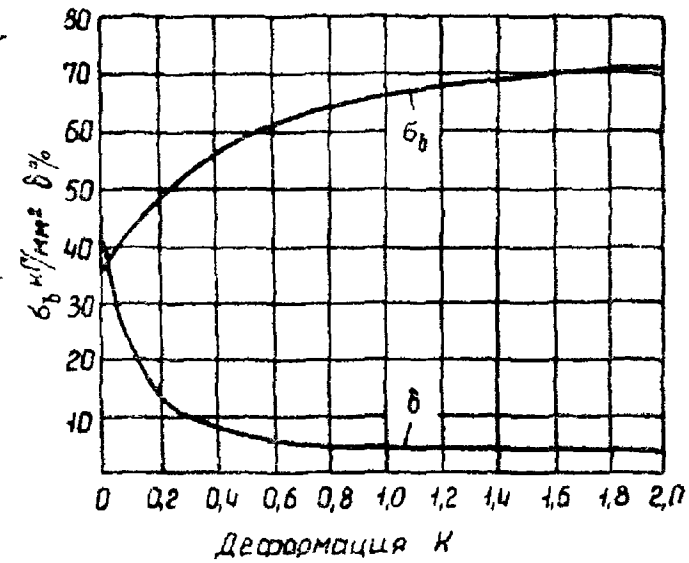

Рис. 120. Зависимость механических характеристик отожженной гильзовой стали от пластической деформации.

— сопротивление разрыву 30 — 35 *кГ/мм²*;
— относительное удлинение 50 — 60%;
— твердость по Бринеллю 50 — 60 *кГ/мм²*.

Химический состав сталей, применяемых для изготовления гильз, приводится в табл. 54. Механические свойства гильзовой стали в исходном состоянии характеризуются следующими данными:

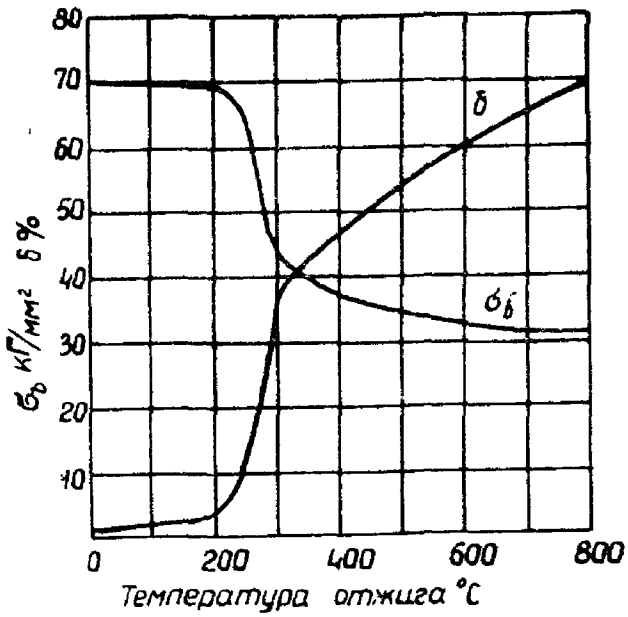

Рис. 121. Зависимость механических характеристик наклепанной латуни Л68 от температуры отжига.

— сопротивление разрыву 30 — 40 *кГ/мм²*;
— относительное удлинение 28 — 34%;
— твердость по Роквеллу (шкала В) 50 — 60 един.

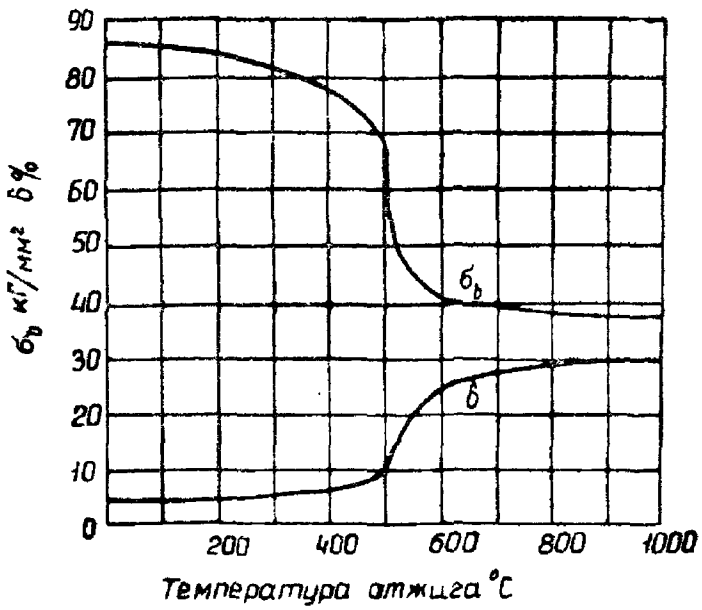

Рис. 122. Зависимость механических характеристик наклепанной гильзовой стали от температуры отжига.

Механические свойства материала в готовой гильзе отличаются от свойств исходного материала, что объясняется зависимо-

стью механических характеристик от пластической деформации и режимов термической обработки (рис. 119—122), составляющих основу технологических процессов изготовления гильз.

Таблица 53

Химический состав гильзовой латуни (%)

Составляющие сплава	Марка латуни	
	Л 68	Л 70
Медь	65,5—70	68—72
Цинк	34,5—30	32—28
Примеси не более:		
Железо	0,1	0,1
Свинец	0,05	0,05
Фосфор, мышьяк, олово	0,005	0,005
Сера, сурьма, висмут	0,002	0,002

Таблица 54

Химический состав гильзовой стали (%)

Составляющие сплава	Сорт стали		
	биметалл	холодиокатаиая	
Углерод	0,12—0,20	0,14—0,25	0,14—0,22
Марганец	0,35—0,60	0,40—0,60	0,30—0,60
Хром	0,15	0,20	0,15
Никель	0,30	0,35	—
Примеси ие более:			
Кремний	0,08	0,05	0,10
Медь	0,20	0,20	0,20
Сера	0,04	0,04	0,03
Фосфор	0,035	0,035	0,035
В сумме сера и фосфор	$\leqslant$0,07	$\leqslant$0,07	—

Определение механических характеристик металла готовых гильз стрелкового оружия путем растяжения образцов, вырезаемых из стенок, затруднительно вследствие небольших размеров гильз. Поэтому наиболее удобной характеристикой является твердость, определяемая при малых нагрузках, например, по Виккерсу с нагрузкой 5 *кГ*. Она сравнительно легко определяется и может быть связана с другими характеристиками, что и позволяет определять их косвенным путем.

В качестве примера на рис. 123—125 приводятся кривые распределения твердости по длине стенок трех различных гильз, показывающие существенную разницу в величинах и характере распределения механических характеристик в зависимости от

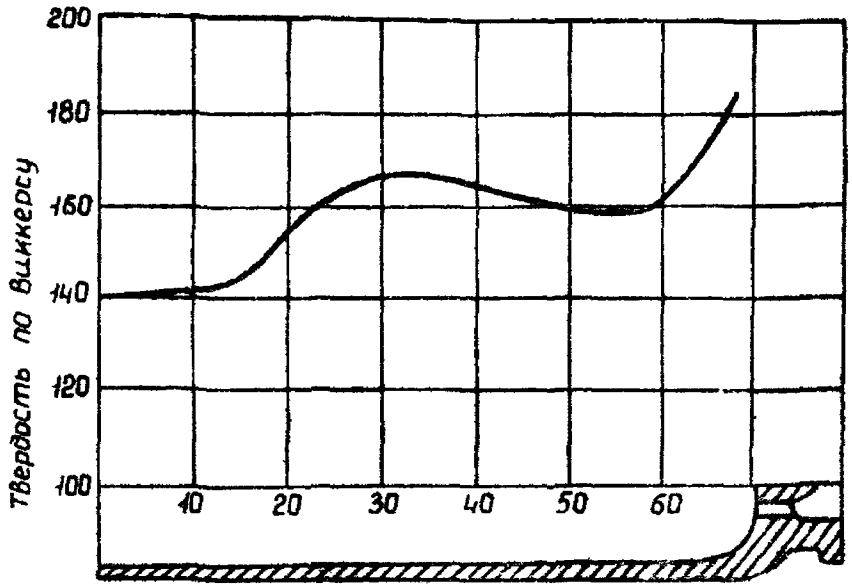

Рис. 123. Твердость 20-*мм* стальной гильзы.

особенностей конструкции и технологического процесса изготовления гильзы. В производстве создаются условия для получения желаемых величин и характера распределения механических свойств.

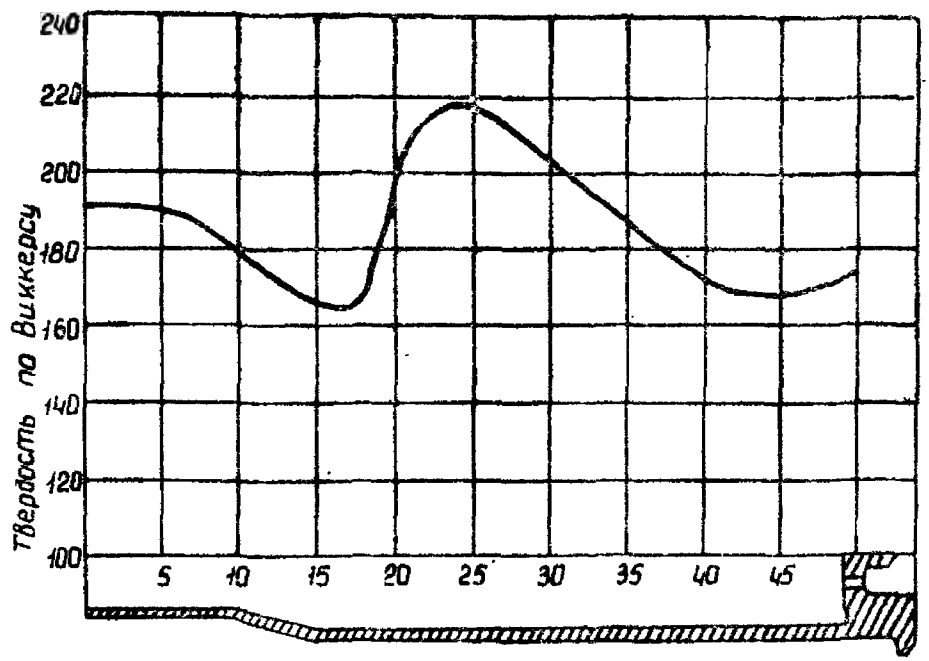

Рис. 124. Твердость 7,62-*мм* биметаллической гильзы.

Так, например, понижение твердости дульца 20-*мм* гильзы (рис. 123) получено в результате отжига дульца на длине 30 *мм*. Повышение твердости у дна получилось в результате штамповки последнего. Тут имел место процесс истечения металла в стенки

и упрочнения его в этом месте. У гильз с выступающей закраиной этого не наблюдается, так как излишний металл при штамповке выжимается в закраину.

У дульца 7,62-*мм* гильзы получается несколько иная картина (рис. 124). Понижение твердости на участке 15—25 *мм* объясняется местным отжигом, а некоторое повышение твердости на дульце и скате получено в результате обжима дульца. У 12,7-*мм* гильзы этого нет, что свидетельствует об отжиге обжатого дульца (рис. 125).

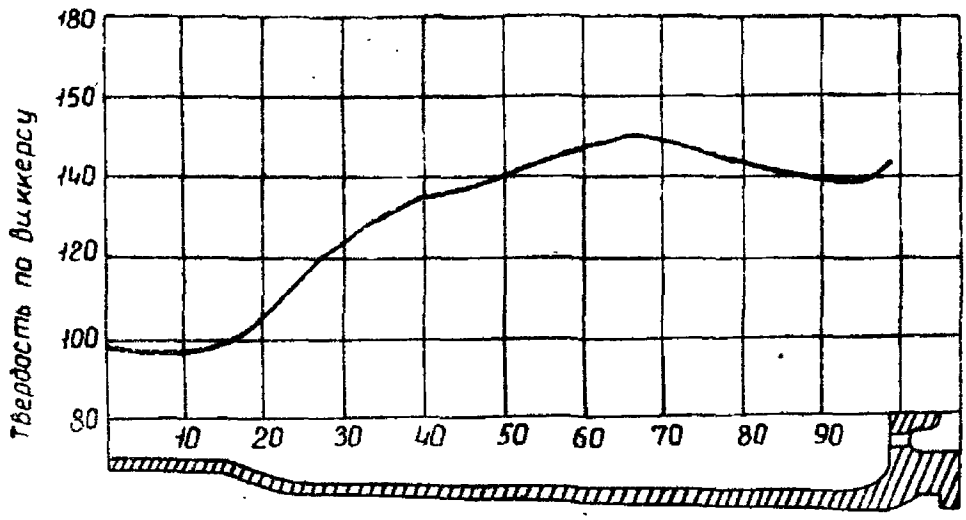

Рис. 125. Твердость 12,7-*мм* латунной гильзы.

Во всех случаях имеется участок, на котором твердость возрастает от дна к дульцу. Это результат вытяжки гильзы конусным пуансоном с соответствующим распределением и пластической деформации при вытяжке.

Естественно, что разобранными примерами не исчерпывается все многообразие величин твердости и характера ее распределения у существующих гильз. Окончательно все это устанавливается в результате испытания гильзы большим количеством выстрелов из существующих образцов оружия и анализа получаемых при этом дефектов (трещины, разрывы, тугая экстракция и т. п.).

§ 27. ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЧНОСТИ И ЭКСТРАКЦИИ ГИЛЬЗ

Ввиду большого разнообразия факторов, влияющих на работу гильз при стрельбе, пока не удается достаточно точно и полно теоретически исследовать условия их прочности и экстракции, хотя и есть определенные успехи в этом деле. Поэтому всегда возникает потребность в специальных экспериментальных исследованиях, позволяющих проверить выводы теории и нако-

нить опытный материал, необходимый для обоснованного решения ряда практических вопросов проектирования образцов оружия и патронов.

Оборудование, применяемое для экспериментального исследования условий прочности и экстракции гильз, должно обеспечивать:

— проверку работы гильзы выстрелом, т. е. проведение эксперимента, наиболее полно отвечающего действительным условиям работы гильзы;

— изменение возможно большего числа параметров оружия и патрона и раздельное исследование влияния каждого из них при сохранении равными прочих условий;

— измерение давления в канале ствола, конечных зазоров и усилия экстракции с достаточной точностью.

Применение существующих образцов оружия и патронов для целей исследования не позволяет изменять и исследовать основные параметры, определяющие прочность и экстракцию гильзы. Существующие образцы оружия позволяют лишь испытать сравнительно большим количеством выстрелов приемлемость того или иного изменения для внедрения в практику. Самое же изменение параметров должно быть результатом специального экспериментального исследования, которое может быть выполнено на специальном оборудовании или с применением специального образца оружия.

Укажем на основные требования, которым должен удовлетворять специальный образец оружия, предназначенный для исследования прочности и экстракции гильз в условиях **одиночных выстрелов:**

— возможность изменения и измерения жесткости (упругой деформации) деталей узла запирания до величин, соответствующих нарушению прочности гильзы;

— возможность изменения и измерения величин «зеркального» зазора с фиксацией мест их расположения (непосредственно за дном гильзы, т. е. на своем «законном» месте, между опорными поверхностями затвора и ствольной коробки, между деталями затвора и т. п.);

— возможность изменения веса затвора и связанных с ним деталей, движущихся вместе с затвором в пределах величины «зеркального» зазора, когда он располагается за затвором;

— возможность изменения толщины (жесткости) стенок патронника и измерения их упругой деформации;

— возможность измерения давления (хотя бы максимального) в канале ствола;

— возможность измерения величин начальных и конечных зазоров между стенками гильзы и патронника;

— возможность измерения усилия экстракции гильзы.

Образец оружия, удовлетворяющий этим требованиям, позволяет в широких пределах изменять условия работы гильзы и с помощью сравнительно небольшого количества экспериментов

установить приемлемые параметры оружия и патрона, обеспечивающие нормальную работу гильзы и надежную работу реального оружия в реальных условиях. Это может оказать существенную помощь конструкторам оружия и технологам патронов в решении практических вопросов.

На рис. 126 показан вариант оружия, примененного автором для исследования прочности и экстракции гильз в условиях одиночных выстрелов, хотя и не в полной мере удовлетворяющего

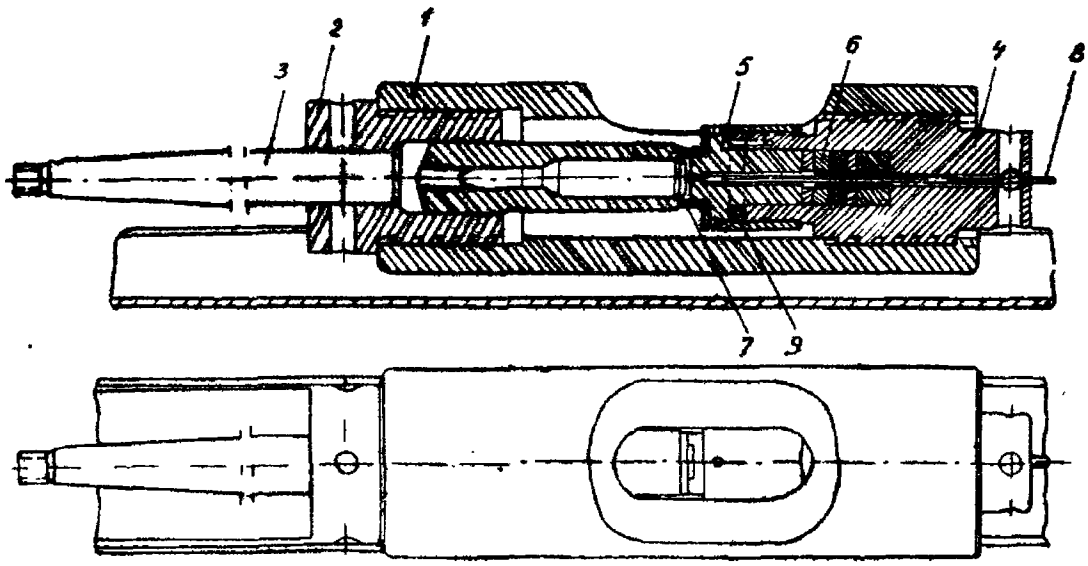

Рис. 126. Схема специальной установки для исследования прочности и экстракции гильз.

перечисленным требованиям. Величины упругой деформации узла запирания менялись путем различного сочетания набора стальных и упругих (текстолитовых) столбиков *6*, служащих опорой для затвора *5*. Таражная кривая для одного из наборов показана на рис. 127. Максимальная деформация узла запирания фиксировалась двумя свинцовыми столбиками *9*, устанавливаемыми на передний срез остова затвора *4* под венчик затвора *5*. «Зеркальный» зазор менялся с помощью колец *7* различной высоты, а измерялся при помощи щупа, пропускаемого через вырез в кольце. Толщина стенок патронника менялась путем обточки казенной части ствола и насадки на нее скрепляющей муфты. Предварительное тарирование затвора с набором упругих элементов позволяет по деформации определить усилие, действующее на затвор при выстреле (без учета инерционных сил).

Усилие экстракции гильзы после одиночного выстрела может быть измерено с помощью специальных динамометров различной конструкции. Одна из схем такого динамометра, позволяющего зафиксировать максимальное усилие, показана на рис. 128.

Для исследования процесса экстракции гильзы в условиях, соответствующих условиям ее работы в автоматическом оружии,

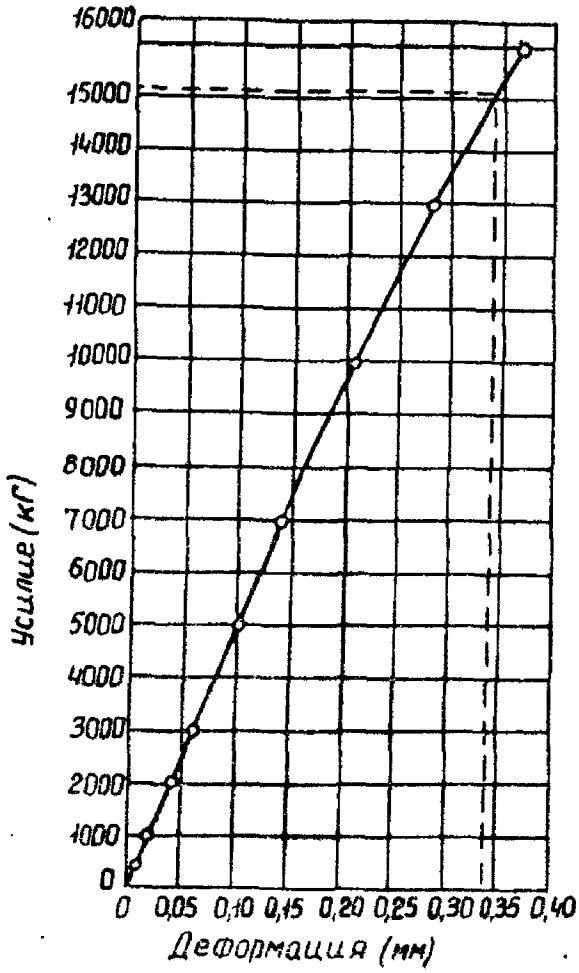

Рис. 127. Таражная кривая затвора с упругими элементами.

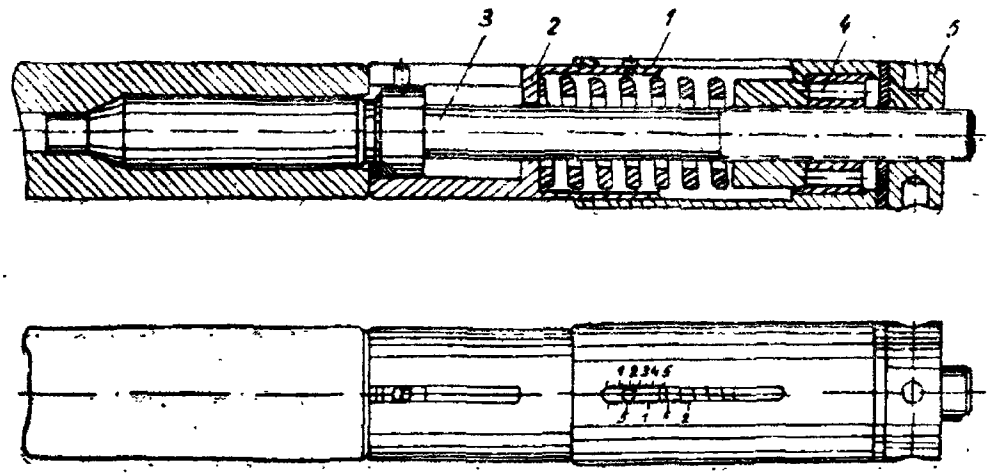

Рис. 128. Схема динамометра для измерения усилия экстракции гильз,

т. е. для извлечения гильзы из патронника непосредственно после спада давления в канале ствола или еще при наличии давления в канале, потребуется более сложная установка, удовлетворяющая следующим дополнительным требованиям:

— автоматическое открывание затвора при возможности регулирования его массы и скорости движения назад после отпирания;

— автоматическая запись усилия экстракции и пути (скорости) движения затвора в зависимости от времени;

— регулирование момента отпирания затвора и начала экстракции гильзы, включая моменты при наличии давления в канале ствола.

Степень автоматизации такой установки может быть ограничена автоматическим открыванием затвора.

Для оценки роли температурно-скоростного фактора, необходимость которой возникает при уточнении основ теории работы гильз, требуются специальные эксперименты с термоизоляцией гильзы при выстреле и с нагружением гильзы в статических условиях.

Одна из схем статического нагружения гильзы жидкостью, примененная В. А. Протопоповым, показана на рис. 129. Ее особенность состоит в том, что в ней не предусмотрена упругость опоры для дна гильзы, что нетрудно предусмотреть. Предварительное тарирование такой схемы позволяет определять давление в гильзе по деформации наружной поверхности цилиндра *1* или по усилию, прикладываемому к стержню *5*. В качестве рабочего тела данной схемы может применяться вода, обтюрация которой обеспечивается резиновым обтюратором *4*.

Одним из сложных вопросов при экспериментальном исследовании экстракции гильз является **определение конечных зазоров.** Трудность определения конечных зазоров обусловлена необходимостью измерений с высокой точностью. Небольшие по размерам гильзы стрелкового оружия требуют точности отсчета поперечных линейных величин порядка одного микрона. При такой высокой точности измерений имеет большое значение величина усилия в месте контакта мерителя с измеряемой поверхностью, особенно если учесть, что гильзы имеют тонкие стенки и дают заметные деформации диаметра при небольших усилиях. Возникают трудности также в отыскании общих сечений ствола и гильзы при измерении конечных зазоров. Учитывая необходимость высокой точности измерения поперечных размеров и конусность гильзы и патронника, точность отыскания общих сечений ствола и гильзы должна быть не ниже 0,1 *мм*.

Общей базой измерения гильзы и патронника, позволяющей наиболее точно найти общее сечение ствола и гильзы, является поверхность дна чашечки («зеркало») затвора при условии, что зазоры в сочленениях деталей узла запирания выбраны. От этой базы и следует отсчитывать расстояния до измеряемых диамет-

ров патронника. Тогда расстояния до измеряемых диаметров гильзы надо отсчитывать от наружной поверхности дна гильзы, соприкасающейся при выстреле с «зеркалом» затвора, независимо от способа фиксации патрона.

При измерении диаметров патронника приходится поступать следующим образом: сначала отсчитывать расстояния до измеряемых сечений от казенного среза ствола, затем определять расстояние от казенного среза ствола до «зеркала» затвора. Непосредственное измерение этого расстояния в оружии зачастую недоступно, поэтому приходится прибегать к искусственным при-

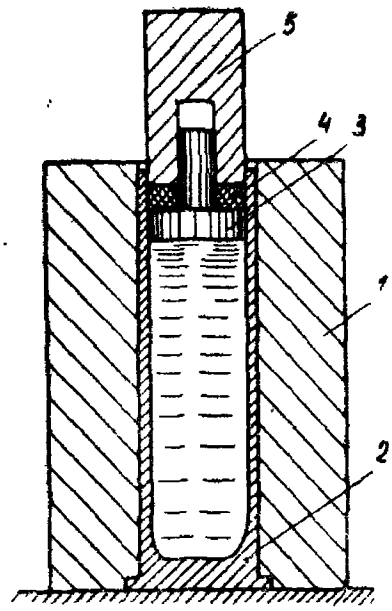

Рис. 129. Схема статического нагружения гильзы.

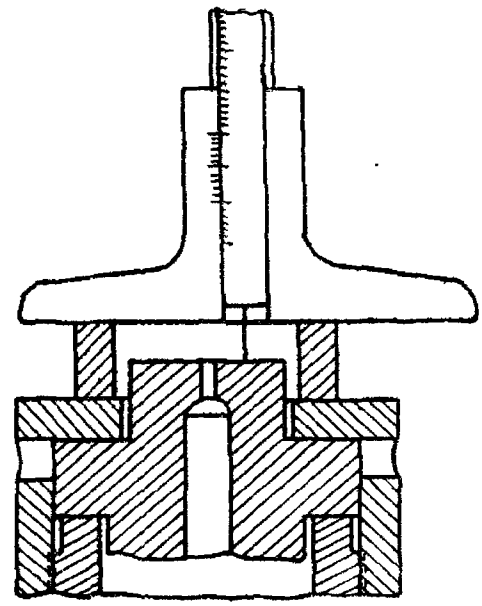

Рис. 130. Схема измерения зазора между казенным срезом ствола и „зеркалом" затвора.

емам. Наиболее просто можно определить расстояние между казенным срезом ствола и дном чашечки затвора с помощью свинцовой пробки, обладающей практически ничтожной упругостью.

Пробка с поперечными размерами, превосходящими наибольший диаметр патронника, вставляется в ствол и запирается затвором. На ней зафиксируются в виде отпечатков «зеркало» затвора и казенный срез ствола, что и позволяет определить искомое расстояние. При использовании установки, показанной на рис. 126, эта задача легко решалась с помощью распорного кольца и глубиномера (рис. 130).

Что касается измерения диаметров патронника, то ввиду его значительной глубины возникает трудность с применением стандартных мерителей высокой точности, приходится искать специфические приемы измерения. Одним из таких приемов может быть обмер патронника с помощью набора калиброванных пробок и глубиномера (рис. 131). Пробка позволяет установить расстояние l, на котором патронник имеет диаметр d. Диаметр в нужном

сечении может быть определен линейным интерполированием по известным диаметрам мерительных пробок и измеренным расстояниям до этих диаметров от «зеркала» затвора.

Приведенный способ измерения диаметров патронника отличается простотой и дает нужную точность измерений, но требует большой аккуратности в работе. При наличии овальности патронника этим способом можно определить лишь наименьшие диаметры.

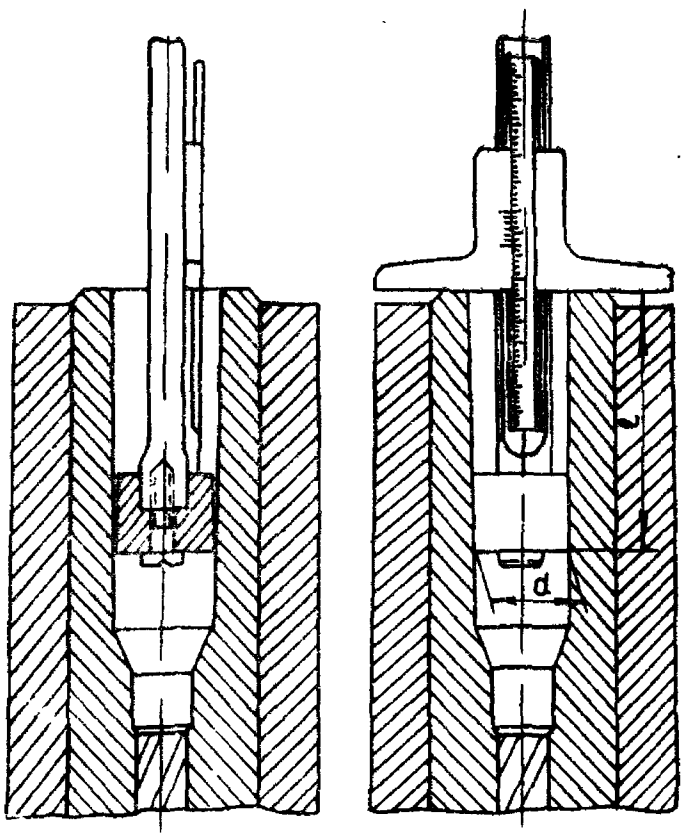

Рис. 131. Схема измерения патронника пробками.

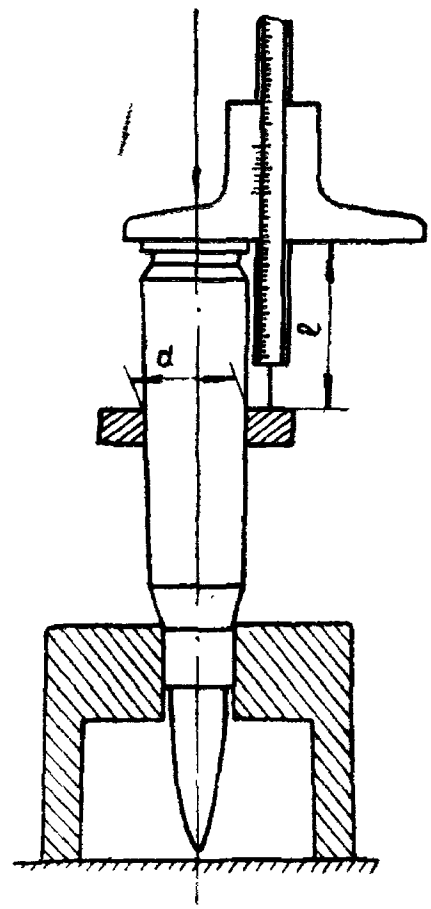

Рис. 132. Схема измерения гильзы кольцами.

Для измерения диаметров гильз имеются более широкие возможности применения стандартных и специальных способов измерения.

Одним из способов измерения гильз может быть применение набора калиброванных мерительных колец (рис. 132), техника измерения которыми такая же, как и патронника пробками.

Способом, исключающим влияние деформации стенок на результаты измерения, является обмер гильзы на измерительной машине с электрическим контактом для определения момента касания мерительных элементов с поверхностью гильзы (рис. 133), примененный В. А. Протопоповым [9].

Между неподвижным и подвижным измерительными элементами включаются через гальванометр источник тока и сопротив-

ление. Чтобы исключить влияние на результаты измерения искрения и нагрева гильзы, напряжение и сила тока подбираются минимальными (порядка 10 микроампер). Моменты замыкания и размыкания цепи для считывания показаний со шкалы машины устанавливаются по колебанию стрелки гальванометра.

Совершенно избавлен от влияния контактных условий способ измерения гильз на универсальном измерительном микроскопе, где имеется возможность как измерения диаметров, так и их положений от наружной поверхности дна гильзы. Однако этот способ требует практической проверки и определения систематической ошибки в измерении диаметров, обусловленной отсутствием контакта измерителя с измеряемой поверхностью.

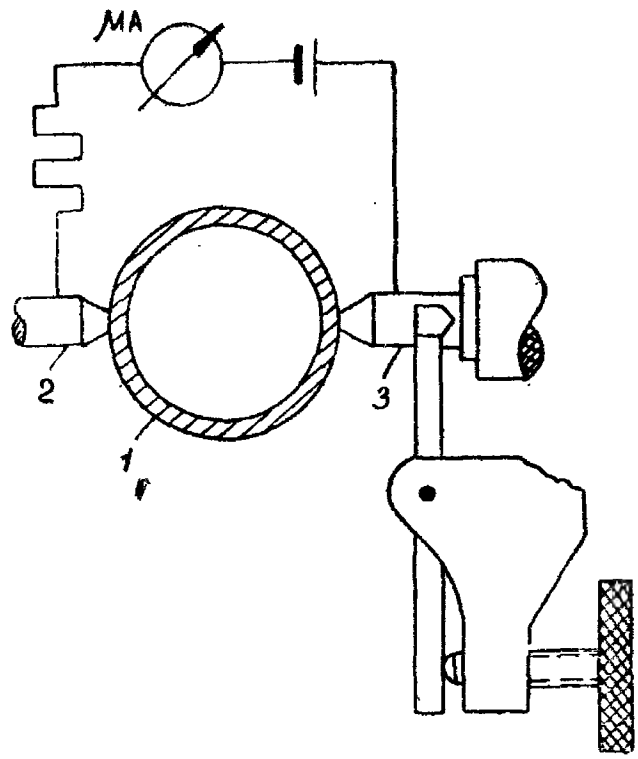

Рис. 133. Схема измерения гильзы с электроконтактом.

При проведении опытов приходится заботиться об однообразии условий, исключающих влияние случайных ошибок. Так, например, неоднородность гильз по механическим характеристикам металла не позволяет в ряде случаев установить количественное влияние отдельных факторов на прочность и экстракцию гильзы при ограниченном числе опытов. Избежать этого можно только путем отбора на патронном заводе гильз, изготовленных в одинаковых условиях (одним инструментом, на одних станках при одинаковой их наладке). Широкие пределы колебания максимального давления газов также затрудняют экспериментальное исследование. Кроме технологических мер, уменьшающих разброс величин давления (точная ручная навеска пороха, отбор пуль одинакового диаметра и веса, сборка и обжим патронов на одних станках без смены инструмента), приходится каждый раз изме-

рять давление, для чего может быть использован пьезокварцевый индикатор, устанавливаемый вблизи дульца гильзы.

Имеет значение также однообразие температурных условий проведения опыта и измерения конечных зазоров, что достигается длительной выдержкой патронов, гильз, аппаратуры, инструмента и проведением измерений при одной (обыкновенной) температуре.

§ 28. СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И ЭКСТРАКЦИИ ГИЛЬЗ ПРИ БОЛЬШИХ ДАВЛЕНИЯХ ГАЗОВ

Как указывалось в § 25, стенки гильзы при выстреле подвергаются осевому растяжению за счет деформации деталей узла запирания и дна самой гильзы. С повышением давления пороховых газов указанные деформации увеличиваются, вместе с тем увеличивается опасность поперечных разрывов гильзы. При достаточно большом давлении газов, превосходящем упругое сопротивление дна, поперечный разрыв гильзы неизбежен при сколь угодно высокой жесткости узла запирания.

С повышением давления пороховых газов, вызывающего значительные упругие деформации узла запирания и упруго-пластические деформации дна гильзы, резко ухудшается экстракция гильзы, снижается надежность работы оружия. Появление поперечных разрывов и тугой экстракции гильзы ограничивает уровень максимального давления газов и является главным препятствием его повышения за пределы порядка 3500—4000 $кГ/см^2$.

Чтобы обеспечить нормальную работу оружия при высоких давлениях газов, требуются искусственные способы компенсации деформации узла запирания и дна гильзы без нарушения целостности последней при экстракции из патронника. Этого можно достигнуть одним из следующих трех способов: или предварительно изогнуть стенку гильзы и этим обеспечить ее большое осевое удлинение без разрыва, или сделать гильзу составной так, чтобы дно могло смещаться относительно стенок и выбирать деформацию узла запирания без нарушения целостности соединения, или, наконец, сделать патронник составным так, чтобы он мог смещаться относительно ствола на величину упругой деформации узла запирания и дна гильзы.

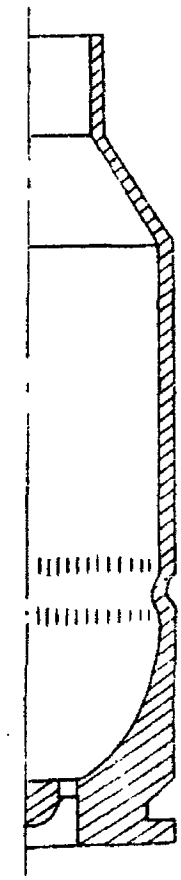

Рис. 134. Гильза с кольцевой канавкой.

Гильза с кольцевой канавкой показана на рис. 134. Канавка должна располагаться на некотором удалении от дна и может быть образована путем накатки до сборки патрона или на готовом патроне.

Как показывают опыты, изогнутая стенка в месте канавки распрямляется давлением газов при выстреле и сохраняет свою прочность в тех условиях, в которых гильза без подобной канавки нормально работать не может — получает поперечный разрыв. Уменьшение осевых растягивающих напряжений благоприятно сказывается на экстракции гильзы.

Конструкция гильзы с кольцевой канавкой обладает одной особенностью: в месте канавки образуются остаточные внутренние напряжения. Это может приводить к самопроизвольному растрескиванию гильз при длительном хранении патронов, особенно латунных гильз. При кратковременном хранении патронов или специальном местном отжиге гильзы (в месте канавки) этот недостаток теряет свое значение.

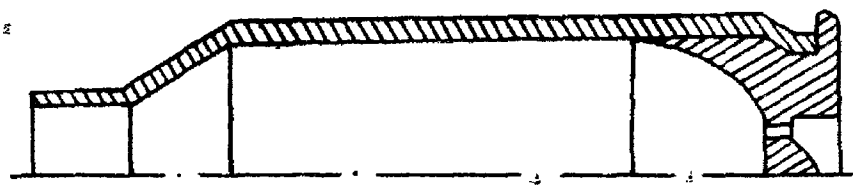

Рис. 135. Составная гильза с подвижным поддоном.

Составная гильза показана на рис. 135. Стенка корпуса гильзы может быть изготовлена из цилиндрической трубки, так как для подобной составной гильзы профиль осевого сечения стенок не имеет какого-либо значения для обеспечения прочности гильзы.

Донная часть стенок завальцована в кольцевую канавку поддона, чем и обеспечивается прочность соединения составных частей гильзы.

При выстреле стенки гильзы прижимаются к поверхности патронника и остаются неподвижными относительно ее, а поддон смещается на величину деформации узла запирания, расправляя частично завальцованные края стенок. Обтюрация пороховых газов обеспечивается тонкими стенками поддона.

При такой конструкции гильзы имеется возможность резкого повышения характеристик прочности металла стенок и поддона, что позволит избежать пластической деформации дна при высоких давлениях газов и существенно улучшить экстракцию гильзы.

Очевидно, технология изготовления подобных гильз может существенно отличаться от существующих процессов. Обычная, например, вытяжка цельнотянутых гильз из отдельных заготовок может быть заменена вытяжкой длинных цилиндрических труб с последующей разрезкой на заготовки необходимой длины.

Составной ствол с подвижным патронником показан на рис. 136. При выстреле, по мере нарастания сил трения между стенками гильзы и патронника, последний смещается гильзой назад, для чего предусматривается необходимый зазор в ствольной коробке за казенным срезом ствола.

Возвращение патронника в исходное положение происходит за счет возвратной деформации деталей узла запирания силами трения гильзы.

Естественно, что такая конструкция ствола возможна при достаточно большой бутылочности патрона, в противном случае на цилиндрическом участке сопряжения стенки ствола получатся недопустимо тонкими. При цилиндрическом патроне такая конструкция ствола вообще невозможна.

Следует иметь в виду, что при больших перемещениях корпуса гильзы с патронником и тонких стенках ската не исключается

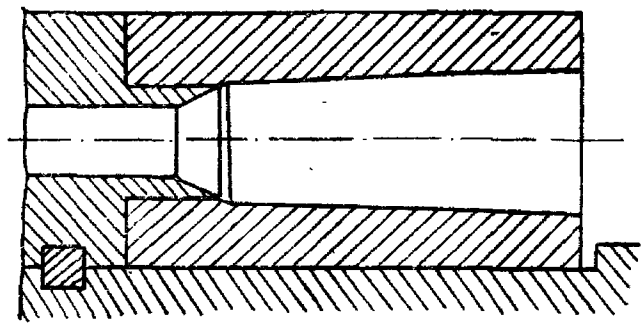

Рис. 136. Составной ствол с подвижным патронником.

отрыв дульца и ската гильзы тормозящими силами трения, хотя при опытах с валовыми патронами этого не получалось.

Самопроизвольное разделение составного ствола на части при чистке и относительный поворот частей вокруг продольной оси исключаются применением специального пластинчатого пружинящего замка (рис. 137).

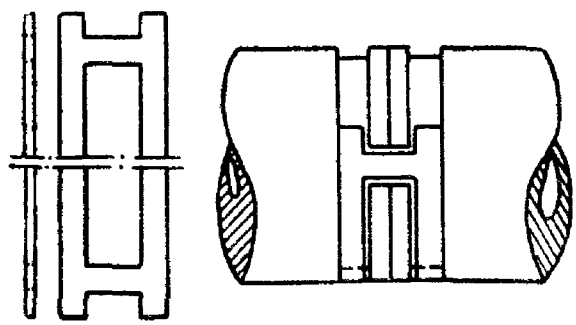

Рис. 137. Схема соединения частей ствола.

Указанные конструктивные мероприятия позволяют, кроме всего прочего, значительно снизить точность изготовления деталей узла запирания, поскольку резко снижается чувствительность оружия к изменению «зеркального» зазора.

§ 29. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ЭКСТРАКЦИИ ГИЛЬЗЫ

Необходимость определения усилия экстракции гильзы возникает при расчете выбрасывателей и элементов движения автоматики оружия.

При известных величинах конечного зазора (натяга) между стенками гильзы и поверхностью патронника определение усилия экстракции не представляет трудностей. Определение же конечного зазора составляет основную трудность этой проблемы. Дело в том, что сложная картина цикла нагружения гильзы и большое число различных факторов, оказывающих влияние на эту картину, практически не позволяют решить задачу по определению конечных зазоров более или менее точно. Приходится делать ряд упрощающих допущений и довольствоваться ориентировочными прикидками.

Для определения усилия экстракции гильзы, кроме величин конечного зазора, необходимо знать давление газов в момент начала экстракции гильзы $P_э$. Если экстракция гильзы начинается до вылета пули из канала ствола, то давление $P_э$ определяется по кривой $P(t)$, получаемой в результате решения задачи внутренней баллистики. При более позднем отпирании оно определяется по кривой давления газов в период последействия, для чего может быть использована, например, формула профессора Бравина

$$P_э = P_д e^{-5\frac{t}{\tau}},$$

где $P_д$ — дульное давление;
τ — полное время истечения газов из канала ствола;
t — время от момента вылета пули из канала ствола до начала экстракции гильзы;
e — основание натуральных логарифмов.

Разбив гильзу сечениями на ряд участков и приняв поперечные размеры на каждом участке средним значением, необходимо произвести следующие вычисления:

1) определить давление между стенками гильзы и поверхностью патронника при максимальном давлении газов в канале ствола

$$P_1 = P_{max} - m\sigma_S,$$

где P_{max} — максимальное давление газов;
$m = \frac{2t}{d_1}$ — относительная толщина стенки гильзы;
σ_S — предел текучести металла гильзы;

2) определить деформацию патронника

$$\varepsilon_2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{P_1}{E_2} \cdot \frac{2a^2+1}{a^2-1}$$

и отложить ее для наглядности на оси абсцисс (рис. 138),

где E_2 — модуль упругости металла ствола;
a — отношение наружного диаметра ствола к диаметру патронника;

3) определить величину конечного зазора Δ_1, пользуясь выражением

$$\Delta_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2,$$

где $\varepsilon_1 = \frac{\sigma_S}{E_1} + \frac{1}{3E_1}(1-\alpha) P_{max}$,

E_1 — модуль упругости металла ствола;

α — коэффициент, учитывающий влияние осевого растяжения стенок гильзы и определяемый для каждой гильзы и оружия опытным путем (в прикидочных расчетах может быть принят равным нулю).

Величину Δ_1 следует отложить по оси абсцисс от конца отрезка ε_2 влево, если величина Δ_1 положительна (рис. 138,*а*), или вправо, если она отрицательна (рис. 138,*б*), обозначив конец отрезка буквой *а*;

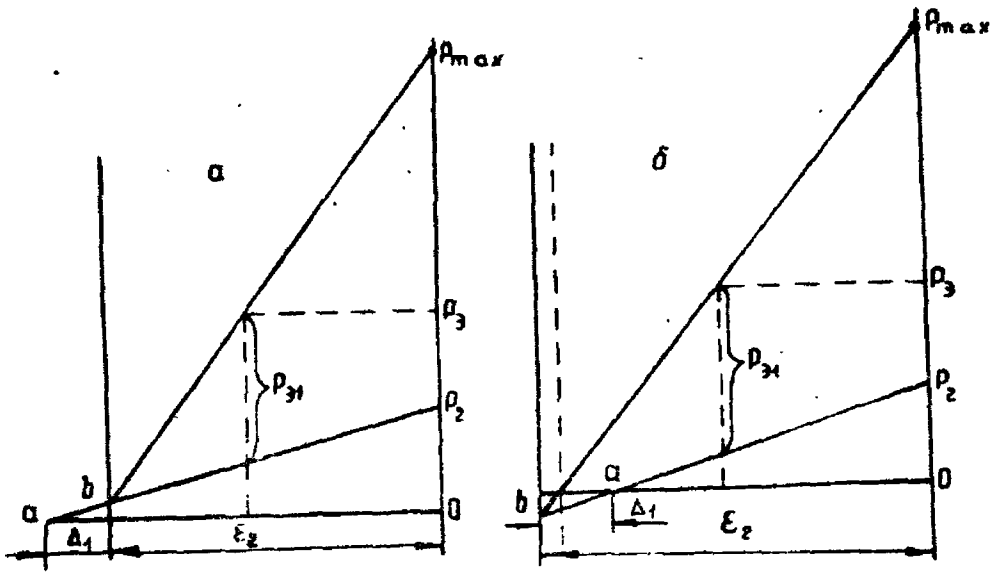

Рис. 138. Давление между стенками гильзы и поверхностью патронника: а—гильза отделяется от патронника; б—гильза заклинивается патронником.

4) отложить на оси ординат максимальное давление газов и сопротивление гильзы $P_2 = P_{max} - P_1$.

Соединив прямой точку *а* с ординатой P_2, получим линию разгрузки гильзы. Если точку *b* пересечения линии разгрузки гильзы с перпендикуляром, восстановленным из конца отрезка ε_2, соединить прямой с ординатой P_{max}, то разность ординат полученных прямых bP_{max} и bP_2 в каждый момент есть давление между стенками гильзы и патронника. При давлении в канале ствола $P_э$ давление между гильзой и патронником в данном сечении будет $P_{э1}$.

Точка пересечения линии bP_{max} с осью абсцисс означает положение стенки патронника после спада давления газов в канале ствола (на правом рисунке оно отмечено пунктиром).

Чтобы воспользоваться построенными графиками (рис. 138), их приходится выполнять в большом масштабе, что практически неудобно. Однако можно получить аналитическое выражение для $P_{э1}$, тогда строить график нет необходимости.

При рассмотрении треугольников $bP_{max}P_2$ и aP_2O можно получить следующие пропорции:

$$\frac{P_{э1}}{P_{max}-P_2}=\frac{x}{\varepsilon_2} \quad \text{и} \quad \frac{P_э-P_{э1}}{P_2}=\frac{x+\Delta_1}{\varepsilon_2+\Delta_1}.$$

Исключая переменную координату положения поверхности патронника x, соответствующую давлению газов $P_э$, получаем следующее выражение для давления между стенками гильзы и патронника:

$$P_{э1}=\frac{P_э(\varepsilon_2+\Delta_1)-P_2\Delta_1}{P_{max}(\varepsilon_2+\Delta_1)+P_2\varepsilon_2}(P_{max}-P_2). \qquad (96)$$

Зная давление, можно определить силу трения на каждом участке гильзы при экстракции

$$\Delta R_i=\pi d_{1i}l_i f P_{э1i},$$

где d_1 — средний диаметр наружной поверхности участка;
l — длина участка;
f — коэффициент трения.

Просуммировав по участкам, получим общую силу трения

$$R=\pi f\sum_1^n d_{1i}l_i P_{э1i}. \qquad (97)$$

Усилие экстракции равно общей силе трения за вычетом выталкивающей силы

$$Q_э=NR-\frac{\pi d_д^2}{4}P_э, \qquad (98)$$

где $d_д$ — диаметр патронника в месте расположения дульца гильзы;

$N=\left(1-\frac{\operatorname{tg}\alpha}{f}\right)$ — коэффициент, учитывающий конусность патронника;

α — угол между образующими поверхности патронника.

Выражение (98) справедливо при таких давлениях $P_э$, при которых не происходит перештамповка ската гильзы по мере ее смещения в патроннике, что практически и выполняется во всех образцах оружия, за исключением работающих на принципе отдачи свободного затвора. Учитывая, что в оружии со свободным затвором применяются цилиндрические патроны или патроны с малой бутылочностью, определять силу $Q_э$ у них можно таким же способом, хотя проще это делать путем введения коэффициента фиктивности к массе свободного затвора.

§ 30. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПАТРОНОВ

Запроектированные характеристики патрона могут быть получены на практике с определенной степенью точности в соответствии с точностью изготовления отдельных элементов и патрона в целом.

Характерной в технологии изготовления элементов патрона является обработка давлением (вытяжка, обжим) в холодном состоянии в сочетании с термообработкой (отжигом). Точностью проведения этих операций определяется степень разброса (рассеивания) величин механических характеристик металла отдельных элементов патрона (оболочки пули, гильзы и т. п.). Основными операциями, оказывающими влияние на характеристики патрона, являются операции его сборки (монтажа), к которым относятся вставка капсюля и его крепление в капсюльном гнезде гильзы, дозировка пороха и насыпка его в гильзу, вставка пули и крепление ее в дульце гильзы.

Обработка давлением в холодном состоянии сопровождается пластической деформацией и упрочнением материала. Величину пластической деформации при обработке давлением определяют по относительному изменению размеров обрабатываемого тела.

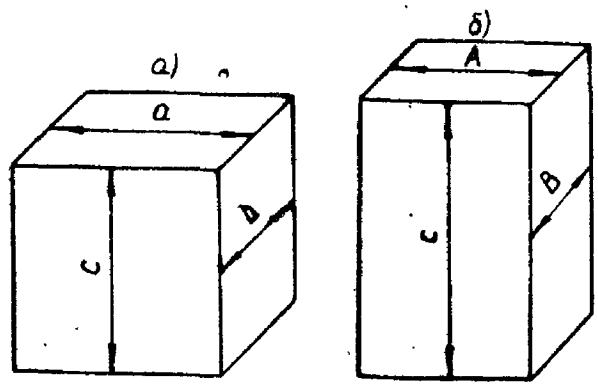

Рис. 139. Размеры прямоугольного тела: а—до обработки давлением; б—после обработки.

Допустим, тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда (рис. 139) и размеры до обработки a, b, c, получает в результате обработки давлением размеры A, B, C и сохраняет прямоугольную форму.

Относительные величины главных деформаций выражаются тремя способами:

— отношениями приращений размеров к начальным размерам:

$$\kappa_a = \frac{\Delta a}{a}, \quad \kappa_b = \frac{\Delta b}{b}, \quad \kappa_c = \frac{\Delta c}{c},$$

где $\Delta a = A - a$, $\Delta b = B - b$, $\Delta c = C - c$ — приращения размеров;

— отношениями приращений размеров к конечным размерам:

$$\lambda_a = \frac{\Delta a}{A}, \quad \lambda_b = \frac{\Delta b}{B}, \quad \lambda_c = \frac{\Delta c}{C};$$

— интегралами малых приращений размеров в каждый момент деформации, отнесенных к величинам размеров в тот же момент. Эти интегралы в пределах приращений размеров выражаются натуральными логарифмами:

$$\varphi_a = \ln\frac{A}{a}, \quad \varphi_b = \ln\frac{B}{b}, \quad \varphi_c = \ln\frac{C}{c}.$$

Деформации в последних выражениях называются действительными главными деформациями в отличие от условных деформаций.

Существует связь между главными деформациями, вытекающая из постоянства объема

$$abc = ABC.$$

Подставив в это условие значения конечных $A = a + \Delta a$ и т. д. или начальных $a = A - \Delta a$ и т. д. размеров или, наконец, логарифмируя условие постоянства объема, можно получить такие соотношения:

$$(1+\kappa_a)(1+\kappa_b)(1+\kappa_c) = 1;$$

$$(1-\lambda_a)(1-\lambda_b)(1-\lambda_c) = 1;$$

$$\varphi_a + \varphi_b + \varphi_c = 0.$$

Согласно последнему соотношению одна из главных деформаций должна иметь знак, противоположный знаку двух других деформаций. Она равна по величине сумме двух других деформаций и называется максимальной главной деформацией. Ею и пользуются при расчете операций обработки металла давлением в холодном состоянии.

Между максимальными главными деформациями в различных выражениях существует следующая зависимость:

$$\varphi = \ln(1+\kappa), \quad \kappa = \frac{\lambda}{1-\lambda},$$

графически показанная на рис. 140.

Применительно к вытяжке (рис. 141) максимальной главной деформацией является продольная деформация, а применительно к обжиму (рис. 142) — поперечная (тангенциальная). Взяв, например, условную пластическую деформацию в выражении для κ, получим:

— для вытяжки

$$\kappa_i = \frac{l_i}{l_{i-1}} - 1 = \frac{F_{i-1}}{F_i} - 1 = \frac{(d_{i-1} - t_{i-1})\, t_{i-1}}{(d_i - t_i)\, t_t} - 1; \qquad (99)$$

— для обжима

$$\kappa'_j = \frac{d_j}{d_{j-1}} - 1 \text{ или } |\kappa'_j| = \frac{d_{j-1}}{d_j} - 1, \qquad (100)$$

где F — площадь поперечного сечения;
l — длина.

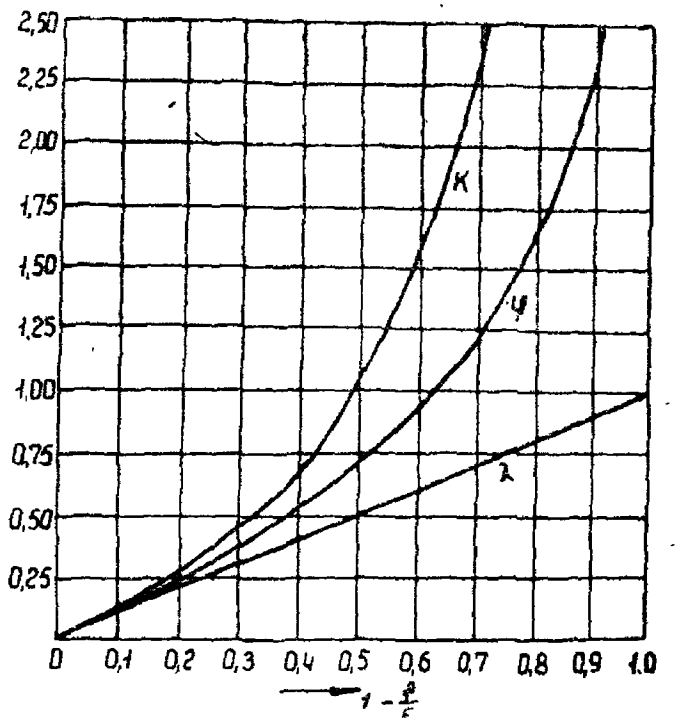

Рис. 140. Зависимость величин λ, κ, φ от изменения площади поперечного сечения.

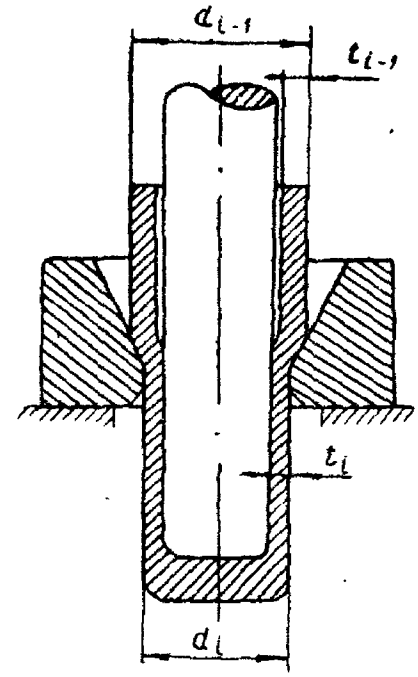

Рис. 141. Схема вытяжки.

Для двух операций (переходов) вытяжки можно записать:

$$\kappa_1 = \frac{F_0}{F_1} - 1, \quad 1 + \kappa_1 = \frac{F_0}{F_1};$$

$$\kappa_2 = \frac{F_1}{F_2} \quad 1, \quad 1 + \kappa_2 = \frac{F_1}{F_2}.$$

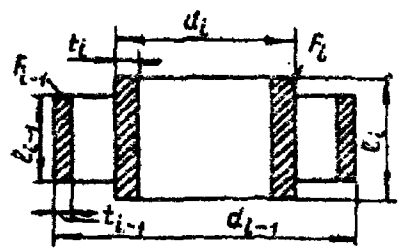

Рис. 142. Схема обжима кольца.

Общая пластическая деформация

$$1 + \kappa = \frac{F_0}{F_2} = \frac{F_0}{F_1} \cdot \frac{F_1}{F_2} = (1 + \kappa_1)(1 + \kappa_2). \qquad (101)$$

Таким же образом можно определить общую деформацию по деформациям вытяжки и обжима (выражения 99 и 100):

$$1+K=(1+\kappa_i)(1+\kappa_j)=\frac{(d_{i-1}-t_{i-1})\,t_{i-1}}{(d_i-t_i)\,t_i}\cdot\frac{d_{j-1}}{d_j}\,. \qquad (102)$$

Если взять для примера гильзу и проследить, как менялись размеры одного и того же поперечного сечения после термообработки (рис. 143), то на основании зависимости (102) можно записать

$$1+K=\frac{(d_0-t_0)\,t_0}{(d_1-t_1)\,t_1}\cdot\frac{d_1}{d_2}\,.$$

Пользуясь известными правилами вычисления погрешностей, получаем

$$\frac{\Delta K}{1+K}=\frac{\Delta d_0+\Delta t_0}{d_0-t_0}+\frac{\Delta t_0}{t_0}+\frac{\Delta d_1+\Delta t_1}{d_1-t_1}+\frac{\Delta t_1}{t_1}+\frac{\Delta d_1}{d_1}+\frac{\Delta d_2}{d_2}\,, \qquad (103)$$

где Δd, Δt — абсолютные погрешности размеров;

ΔK — результирующая погрешность пластической деформации.

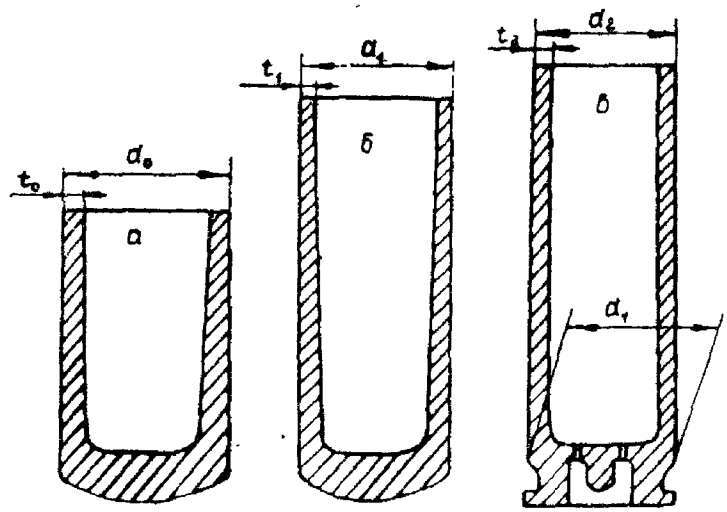

Рис. 143. Размеры поперечного сечения гильзы: а—на последнем отжиге; б—на последней вытяжке; в—после обжима.

Максимальные абсолютные погрешности размеров равны величинам допусков на размеры и направлены в металл. Это дает возможность заранее установить характер влияния допусков (погрешностей размеров) на величину пластической деформации. Если, например, диаметр d_0 и толщина t_0 (рис. 143) имеют допуски Δd_0 и Δt_0 и изготовлены по нижним предельным размерам $d_0-\Delta d_0$ и $t_0-\Delta t_0$, то пластическая деформация на последней операции вытяжки будет меньше, чем при номинальных значениях размеров d_0 и t_0. Наоборот, если размеры d_1 и t_1 получают

нижние предельные значения $d_1 - \Delta d_1$ и $t_1 - \Delta t_1$, то пластическая деформация будет больше, чем при номинальных значениях d_1 и t_1.

Уменьшение d_1, приводящее к увеличению пластической деформации на последней операции вытяжки, сопровождается уменьшением деформации на операции обжима. Уменьшение диаметра d_2 приводит к увеличению деформации обжима.

Учитывая все это и приняв абсолютные погрешности равными величинам допусков на размеры, последнее выражение можно записать в виде:

$$K_2 - K_1 = (1+K_1)\left(-\frac{\Delta d_0 + \Delta t_0}{d_0 - t_0} - \frac{\Delta t_0}{t_0} + \frac{\Delta d_1 + \Delta t_1}{d_1 - t_1} + \frac{\Delta t_1}{t_1} - \frac{\Delta d_1}{d_1} + \frac{\Delta d_2}{d_2}\right),$$

где K_1 — пластическая деформация при номинальных значениях размеров полуфабрикатов и гильзы;

K_2 — то же при нижних предельных значениях размеров.

Разность $K_2 - K_1$ будет наибольшей при $\Delta d_0 = 0$ и $\Delta t_0 = 0$. Примем еще $\frac{\Delta d_1}{d_1 - t_1} = \frac{\Delta d_1}{d_1}$, учитывая относительно малую величину t_1, в сравнении с d_1. Тогда последнее выражение примет вид:

$$K_2 - K_1 = (1+K_1)\left(\frac{\Delta t_1}{t_1} \cdot \frac{d_1}{d_1 - t_1} + \frac{\Delta d_2}{d_2}\right). \qquad (104)$$

От размера t_1 целесообразно перейти к размеру t_2, для чего можно воспользоваться условием неизменяемости объема кольцевого элемента (рис. 142)

$$l_1 t_1 d_1 = l_2 t_2 d_2.$$

При обжиме длина кольцевого элемента и толщина стенки изменяются практически одинаково, поэтому можно принять $\frac{l_1}{l_2} = \frac{t_1}{t_2}$ и условие постоянства объема записать в таком виде:

$$\frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{d_2}{d_1},$$

откуда

$$t_1 = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}\, t_2 \text{ и } \Delta t_1 = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}\, \Delta t_2.$$

С учетом этого выражение (104) принимает вид:

$$K_2 - K_1 = (1+K_1)\left(\frac{\Delta t_2}{t_2} \cdot \frac{d_1}{d_1 - \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}\, t_2} + \frac{\Delta d_2}{d_2}\right), \qquad (105)$$

где d_2, t_2 — диаметр стенки и толщина готовой гильзы в рассматриваемом сечении;

Δd_2, Δt_2 — допуски на эти размеры;

d_1 — диаметр гильзы перед обжимом, равный наибольшему диаметру изделия,

Выражение (105) в равной степени относится и к пульным оболочкам. Оно позволяет по величинам допусков определить возможное изменение величины пластической деформации и оценить возможное изменение механических характеристик прочности металла гильзы или пульной оболочки. Наоборот, задаваясь допустимым изменением механических характеристик металла, следовательно, и изменением пластической деформации, можно назначить допуски на соответствующие размеры.

Пример. Дана латунная гильза, в одном из сечений которой $d_2 = 20{,}7$ *мм*, $t_2 = 1{,}15$ *мм*, $\Delta d_2 = 0{,}15$ *мм*, $\Delta t_2 = 0{,}2$ *мм*. Наибольший диаметр гильзы (у дна) $d_1 = 21{,}85$ *мм*.

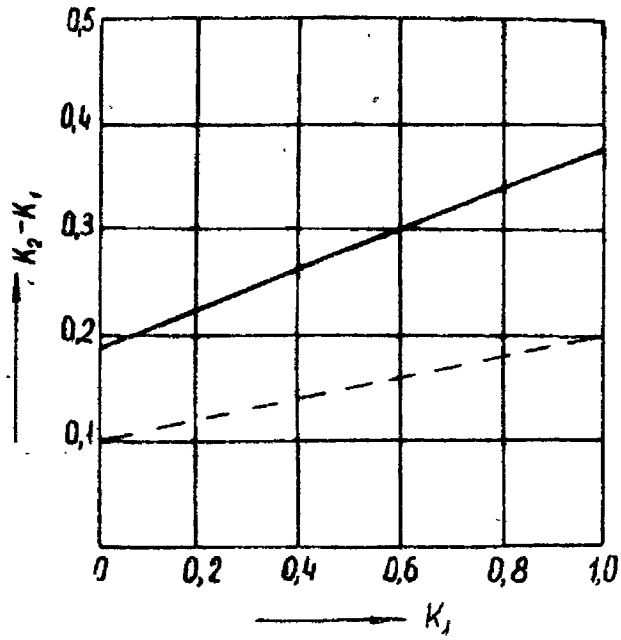

Рис. 144. Зависимость $K_2 \quad K_1 = f(K_1)$.

Оценить пределы изменения механических характеристик прочности металла в этом сечении, вызванного неточностью изготовления гильзы.

По выражению (105) имеем

$$K_2 - K_1 = 0{,}187(1 - K_1),$$

что означает линейную зависимость, которая показана на рис. 144 сплошной линией.

Теперь, пользуясь графиками зависимости механических характеристик металла от пластической деформации (рис. 119), можно для каждого значения K_1 определить возможное изменение механических характеристик в пределах полученного изменения пластической деформации $K_2 - K_1$. Возможное изменение механических характеристик металла для взятого примера показано на рис. 145. Очевидно, аналогичная картина получилась бы и для стальной гильзы.

Из рассмотренного примера следует, что разброс механических характеристик металла увеличивается с увеличением допуска на толщину стенки и диаметр и уменьшается с увеличением номинальной пластической деформации K_1. На рис. 145 пунктирной линией показан разброс предела текучести при уменьшении допуска на толщину стенки в два раза. Допуск на диаметр гиль-

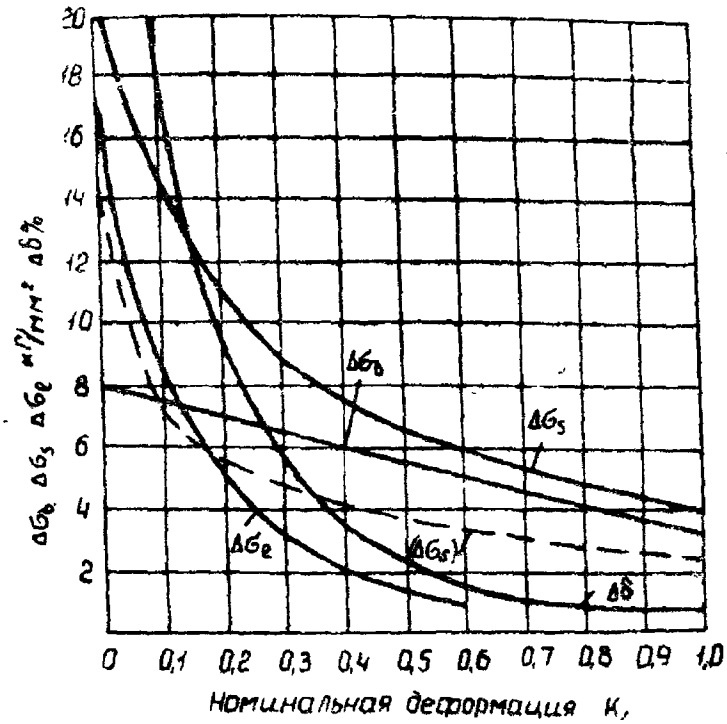

Рис. 145. Зависимость механических характеристик металла от номинальной пластической деформации.

зы (пульной оболочки) оказывает сравнительно небольшое влияние на изменение пластической деформации и механических характеристик металла.

Вставка капсюля и его крепление в капсюльном гнезде не оказывают влияния на основные характеристики патрона — максимальное давление газов и начальную скорость пули. Однако они имеют большое значение для обеспечения такого свойства патрона, как пригодность для стрельбы из образцов оружия с высокими темпами стрельбы, где возможно выпадение капсюля вследствие резкого смещения патрона при подаче его в патронник. Это свойство патрона обеспечивается различными способами крепления капсюля в капсюльном гнезде гильзы (рис. 146, 147).

Дозировка порохового заряда, осуществляемая по объему или весу, связана с определенной погрешностью веса заряда. Погрешность веса заряда, как и погрешность веса пули, приводит к разбросу величин максимального давления газов и начальной скорости пули. Этот разбор может быть оценен с помощью таблиц поправочных коэффициентов профессора Слухоцкого (приложение 1).

Пример. Вес заряда и вес пули выдерживаются производством с величинами относительных погрешностей $\frac{\Delta\omega}{\omega} = 1{,}25\%$ и $\frac{\Delta q}{q} = 2{,}40\%$. Определить относительные погрешности давления газов и скорости пули, если $\Delta = 0{,}8\ Г/см^3$, $P_{max} = 3000\ кГ/см^2$ и $\lambda_д = 8$.

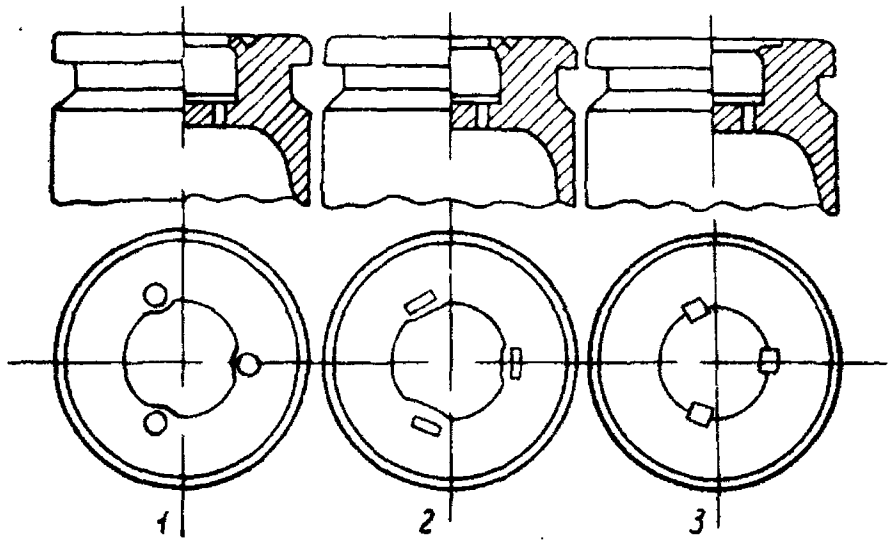

Рис. 146. Крепление капсюля кернением в трех точках.

По таблицам поправочных коэффициентов по Δ, P_{max}, $\lambda_д$ находим

$$m_\omega = 2{,}74,$$
$$m_q = 0{,}86,$$
$$l_\omega = 0{,}77,$$
$$l_q = 0{,}29.$$

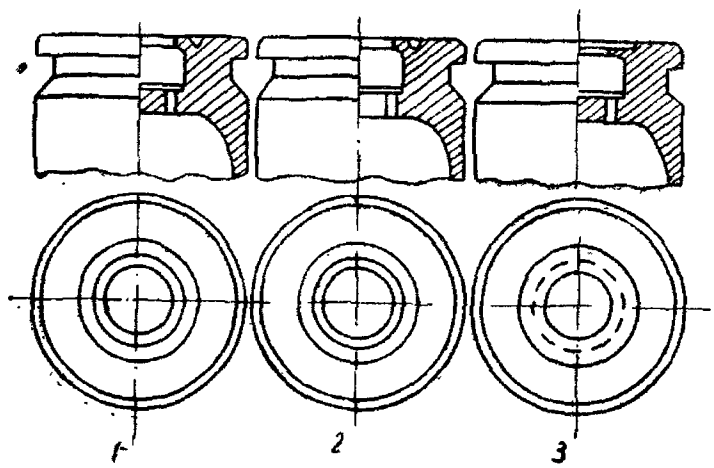

Рис. 147. Крепление капсюля кернением по окружности капсюльного гнезда.

Пользуясь поправочными формулами, получаем:

$$\frac{\Delta P}{P_{max}} = m_\omega \frac{\Delta\omega}{\omega} + m_q \frac{\Delta q}{q} = 2{,}74 \cdot 1{,}25 + 0{,}86 \cdot 2{,}40 = 5{,}58\%;$$

$$\frac{\Delta v}{v_0} = l_\omega \frac{\Delta\omega}{\omega} + l_q \frac{\Delta q}{q} = 0{,}77 \cdot 1{,}25 + 0{,}29 \cdot 2{,}40 = 1{,}65\%;$$

$$\Delta P = \left[\frac{\Delta P}{P_{max}}\right] P_{max} = 0{,}0558 \cdot 3000 = 167 \text{ кГ/см}^2;$$

$$\Delta v = \left[\frac{\Delta v}{v_0}\right] v_0 = 0{,}0165 \cdot 850 = 14 \text{ м/сек}.$$

Крепление пули в дульце гильзы имеет значение, в первую очередь, для обеспечения надежного действия автоматического оружия.

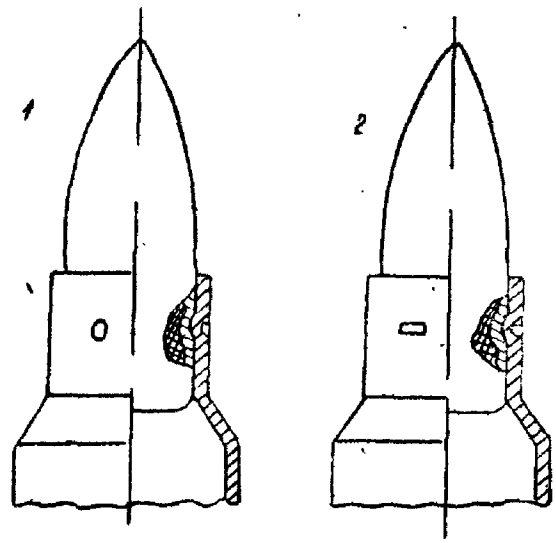

Рис. 148. Крепление пули кернением дульца.

Встречающиеся способы крепления пуль и снарядов в дульце гильзы показаны на рис. 148—151. В ряде случаев, как, например, у большинства пистолетных патронов, пуля не подвергается специальному креплению и достаточно надежно удерживается силами трения за счет посадки ее в дульце гильзы с некоторым натягом.

Простейшим способом специального крепления пули является кернение дульца гильзы (рис. 148) обычно в трех точках. Такое крепление пули не позволяет иметь большое пулеизвлекающее усилие (более 20—40 *кГ* у винтовочных патронов) и не обеспечивает надежной работы автоматического оружия при двойной ленточной подаче патронов.

Более надежным способом крепления пули является завальцовка кромки дульца гильзы в кольцевую канавку (накатку)

пули (рис. 149). Этот способ крепления позволяет иметь большое пулеизвлекающее усилие, доходящее у винтовочных патронов до 120 *кГ*, и обеспечивает нормальную работу автоматического оружия с нормальным темпом стрельбы при всех типах и способах подачи патронов.

При больших темпах стрельбы, какими обладает обычно зенитное и авиационное оружие, требуется еще более прочное крепление пули, особенно когда оружие имеет двойную ленточную

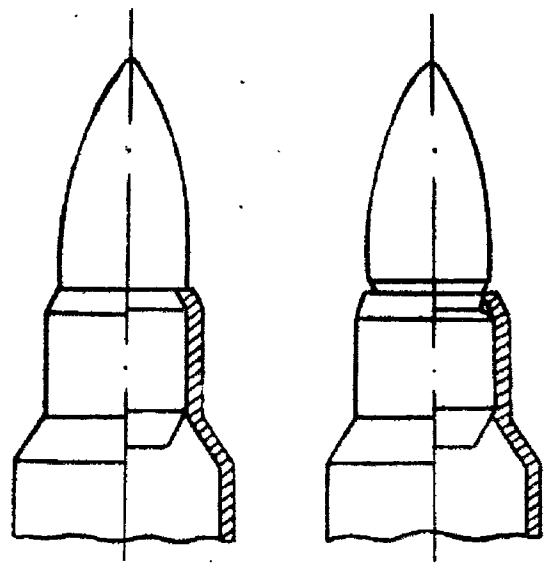

Рис. 149. Крепление пули завальцовкой кромки дульца.

подачу патронов. Для этого применяется завальцовка стенки дульца в одну и две кольцевые канавки пули (рис. 150). Так обычно крепятся снаряды в патронах к малокалиберным автоматическим пушкам. Двойная завальцовка обеспечивает наиболее прочное крепление снаряда.

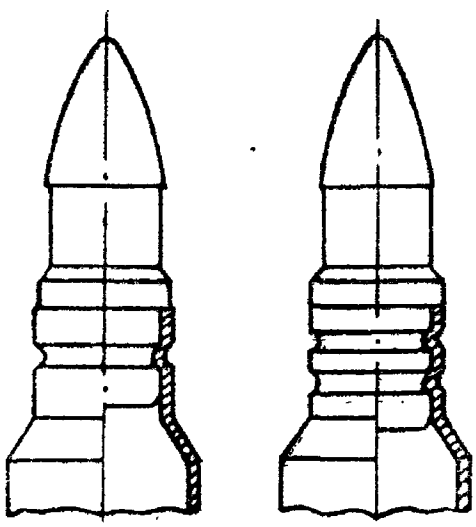

Рис. 150. Крепление пули завальцовкой стенки дульца.

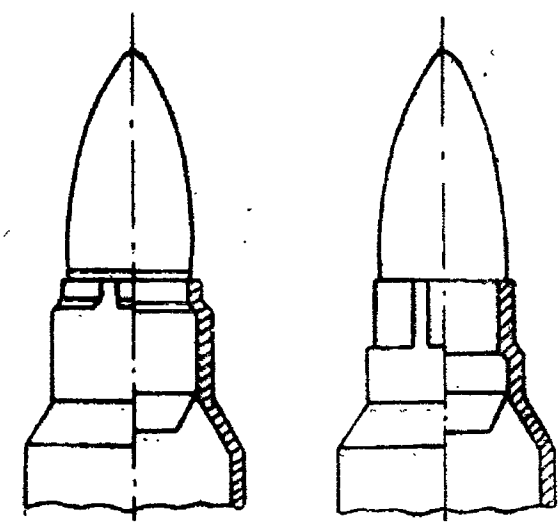

Рис. 151. Крепление пули обжимом дульца.

Наряду с завальцовкой широко применяется крепление пули путем обжима кромки дульца гильзы в кольцевую канавку пули (рис. 151).

Прибегать к чрезмерно прочному креплению пули без особой к тому надобности не рекомендуется, так как с увеличением пулеизвлекающего усилия ухудшаются условия обеспечения прочности и экстракции гильзы, создаются условия для деформации и увеличения рассеивания пуль. При этом увеличивается разброс самого пулеизвлекающего усилия, а это в свою очередь связано с разбросом максимального давления газов, начальной скорости пули и рассеиванием пуль.

При выборе способа крепления пули предпочтение отдается тому из них, который обеспечивает наибольшую работу пулеизвлекающего усилия при небольших величинах самого усилия. С этой точки зрения выгодно увеличивать ширину кольцевой канавки на пуле, куда обжимается или завальцовывается дульце гильзы (рис. 151).

Большое значение для обеспечения высокого качества патронов имеет однообразие формы и размеров пули, симметричное расположение массы относительно ее геометрической оси и плотность запрессовки внутренних элементов. Эти свойства пули оказывают существенное влияние на меткость стрельбы из оружия и здесь не рассматриваются.

ГЛАВА IV

СТВОЛЫ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 31. УСТРОЙСТВО СТВОЛОВ И ПОНЯТИЕ О ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Ствол огнестрельного оружия является резервуаром, в котором сгорает пороховой заряд, и химическая энергия сгорания пороха превращается в механическую работу. В этом смысле ствол служит для сообщения пуле поступательного движения с определенной скоростью и в определенном направлении, а также вращательного движения вокруг продольной оси, необходимого для устойчивого полета пули в воздухе.

Ствол как часть оружия работает в особых условиях. Он подвергается действию высокого давления пороховых газов, имеющих высокую температуру, трения пули при движении ее в канале ствола и случайных сил, могущих возникнуть в процессе эксплуатации оружия (удары при падении оружия, при штыковых ударах, при резких остановках механизмов наведения и т. п.).

В соответствии с особыми условиями работы ствола к нему предъявляются и особые требования: достаточное упругое сопротивление действию давления пороховых газов и случайных сил; отсутствие значительных вибраций, неблагоприятно влияющих на меткость стрельбы, и чрезмерного нагрева, ограничивающего интенсивную стрельбу; достаточно высокая живучесть или сопротивляемость механическому действию ведущих устройств пуль (снарядов) и разрушающему действию пороховых газов, имеющих большое давление и высокую температуру, при обеспечении нормальной устойчивости пуль в полете. При этом ствол должен удовлетворять ряду производственно-экономических требований.

Все эти требования должны учитываться при проектировании ствола, которое (если исключить баллистическое проектирование) включает в себя:

— конструктивное оформление канала ствола и сопряжение патрона с патронником;

— выбор материала и наружных размеров ствола с учетом прочности его стенок при действии давления пороховых газов и служебных нагрузок;

— выбор системы охлаждения ствола, обеспечивающей требуемые режимы огня.

В первую очередь проектируется канал ствола: по размерам патрона устанавливаются размеры патронника, затем определяются размеры нарезной части и пульного входа в соответствии с существующей практикой. Положение пули, которое она занимает в стволе при вставленном патроне, и длина пути пули в канале ствола, полученная при решении задачи внутренней баллистики, позволяют определить общую длину ствола. Крутизна нарезов определяется из условия обеспечения устойчивого полета пули в воздухе (см. § 17).

В зависимости от мощности патрона, назначения и особенностей образца оружия выбирается марка стали. При решении этого вопроса основным соображением, принимаемым в первую очередь во внимание, является живучесть ствола. Чем мощнее патрон и чем выше темп стрельбы, тем обычно лучше должно быть качество стали.

Наружные размеры ствола устанавливаются из условий прочности с учетом других требований. При воздушном охлаждении ствола, например, приходится заботиться о необходимом весе и форме его наружной поверхности, обеспечивающих большую теплоемкость и наилучшие условия теплообмена с окружающим воздухом. В системах оружия с отдачей ствола также приходится иногда ориентироваться на определенный вес ствола, обеспечивающий наилучшим образом аккумуляцию энергии пороховых газов, достаточной для надежной работы автоматики. При наличии надульника поперечные размеры дульной части ствола обычно увеличиваются для усиления действия давления пороховых газов на подвижную систему автоматики, основанной на отдаче ствола.

В устройстве канала ствола принято выделять патронник, нарезную часть и пульный вход. К патроннику относится тот участок канала ствола, который соответствует форме и размерам гильзы. В нем размещается патрон, чем и обусловлено его название. Нарезной частью называют участок канала ствола, имеющий нарезы полного профиля. Пульный вход соединяет патронник с нарезной частью и необходим для плавного врезания пули в нарезы.

Размеры патронника

Размеры патронника выбираются по размерам патрона (гильзы). При этом должно обеспечиваться свободное вхождение патрона в патронник при возможных отклонениях размеров в пределах поля допуска, а также при возможных случаях загрязнения смазки и запылении патронов. Сопряжение патрона с патрон-

ником должно быть таким, чтобы обеспечивалась обтюрация пороховых газов и прочность стенок гильзы при выстреле.

Продольные размеры патронника определяются в зависимости от типа гильзы и способа фиксации патрона в патроннике.

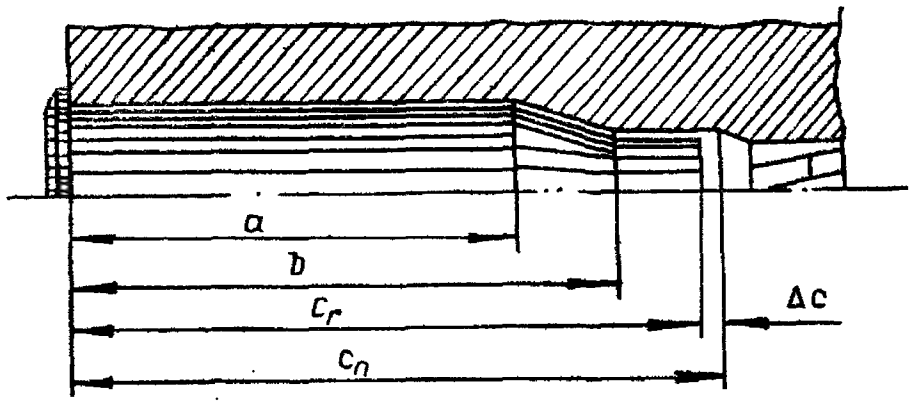

Рис. 152. Схема размеров патронника при фиксации патрона закраиной.

При фиксации патрона выступающей закраиной гильзы продольные размеры патронника $a_п$, $b_п$ берутся такими же, как и соответствующие размеры гильзы (рис. 152). Длина потронника $c_п$ берется несколько больше соответствующего размера гильзы $c_г$ (Δc находится у существующих образцов в пределах до 1 *мм*).

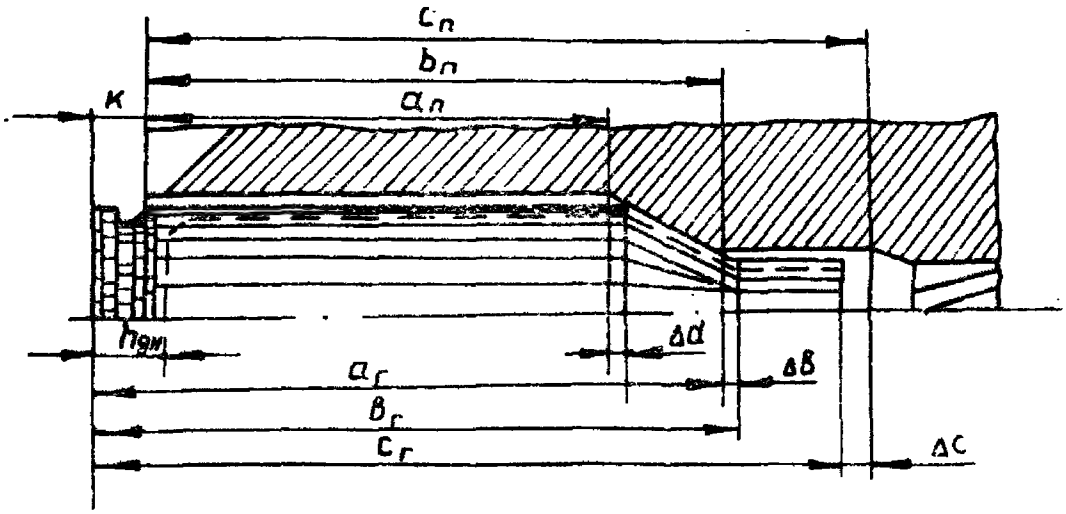

Рис. 153. Схема размеров патронника при фиксации патроиа скатом.

При фиксации патрона скатом подход к назначению продольных размеров патронника несколько иной (рис. 153). Прежде всего надо установить, насколько можно допустить выступание патрона из патронника, не опасаясь прорыва пороховых газов через стенку гильзы при выстреле.

Допустим, что выход патрона из патронника определяется величиной $к$. Тогда размеры патронника можно определить так:

$$a_п = a_г - к - \Delta a;$$

$$b_п = b_г - к - \Delta b;$$

$$c_п = c_г - к + \Delta c.$$

Обычно принимается

$$\Delta a = \Delta b = \frac{1}{2} d_с \Delta_0 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2},$$

где $d_с$ — диаметр гильзы у ската;

$\Delta_0 = 0{,}008 - 0{,}010$ — относительная величина диаметрального зазора между гильзой и патронником (минимальная);

α — угол между образующими ската патронника.

Величиной Δc задаются в пределах от 0 до 1 *мм*.

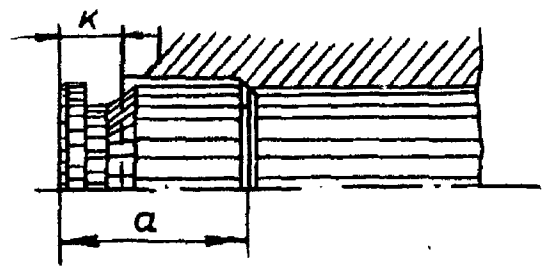

Рис. 154. Фиксация патрона выступом корпуса гильзы.

Величину выхода патрона необходимо выбрать так, чтобы при максимальной «шашке»* гильза не выходила своими тонкими стенками из патронника при выстреле. Если разность предельных размеров «шашек» обозначить

$$ш_{max} - ш_{min} = \delta ш,$$

а упругой деформацией деталей узла запирания пренебречь, то можно так определить величину $к$:

$$к \leqslant h_{дн} - \delta ш,$$

где $h_{дн}$ — толщина дна гильзы.

При фиксации патрона выступом корпуса гильзы (рис. 154) положение фиксирующей поверхности патронника относительно казенного среза ствола определяется по аналогии с предыдущим случаем. Положение остальных переходов в патроннике определяется так же, как при фиксации патрона закраиной гильзы.

---

* Под „шашкой" понимается калибр, определяющий расстояние от дна чашечки (зеркала) затвора до фиксирующей поверхности патронника при отсутствии зазоров в сочленениях деталей узла запирания.

Поперечные размеры патронника определяются по размерам гильзы с учетом начального зазора

$$d_п = d_г + d_г\Delta_0 = (1 + \Delta_0)\, d_г.$$

Допуски на продольные и поперечные размеры назначаются в соответствии с установившейся практикой. Допуск на диаметральные размеры патронника берется обычно 0,05 *мм*.

В практике встречаются патронники с особыми формами, обусловленными особенностями конструкции оружия или условий работы автоматики. К ним относятся патронники с продольными канавками и патронники с цилиндрическими участками.

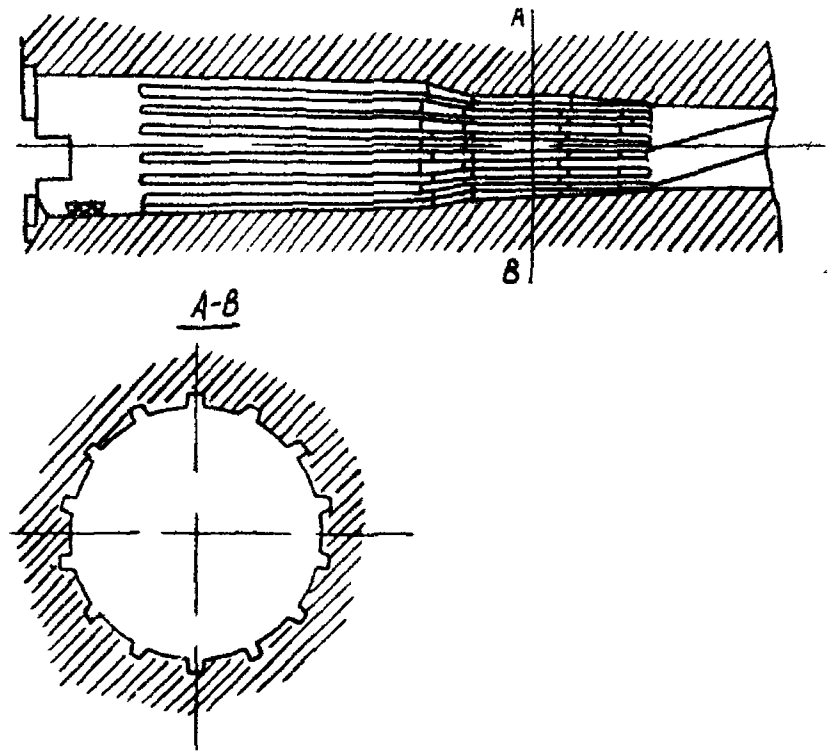

Рис. 155. Патроннк с продольными канавками.

Продольные канавки в патроннике (рис. 155—156) делаются для обеспечения прочности гильзы при выстреле, легкой экстракции ее после выстрела и устойчивой работы автоматики.

Канавки распространяются за срез дульца гильзы, вследствие чего пороховые газы при выстреле проникают по канавкам на наружную поверхность гильзы. От этого уменьшаются силы трения гильзы о ствол при смещении ее в патроннике и тем самым исключаются поперечные разрывы гильз в образцах оружия с большой деформацией деталей узла запирания и в оружии со свободным и полусвободным затворами.

Образцы оружия с отдачей затвора (свободного и полусвободного) и с так называемым ранним отпиранием затвора, как известно, чувствительны к изменению условий трения гильзы в патроннике (смазка, загрязнение и т. п.). Изменение условий трения в этих случаях сопровождается резким изменением скоростей

движения основных звеньев автоматики, что отражается на надежности действия оружия, прочности его деталей, а иногда и на меткости стрельбы. Продольные канавки в патроннике оказывают благоприятное действие в этих случаях, уменьшая пределы

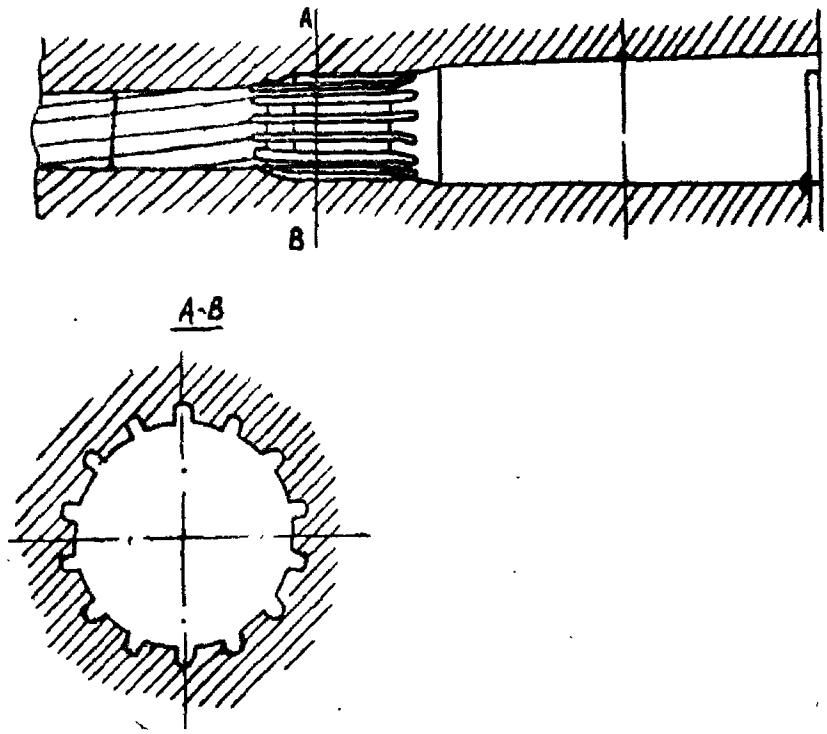

Рис. 156. Патронник с продольными канавками.

изменения сил трения. Однако прибегать к ним без особой необходимости не рекомендуется. Дело в том, что канавки существенно усложняют изготовление ствола и затрудняют чистку его.

Наличие в патроннике цилиндрического участка, примыкающего к казенному срезу ствола (рис. 157), оказывается полезным

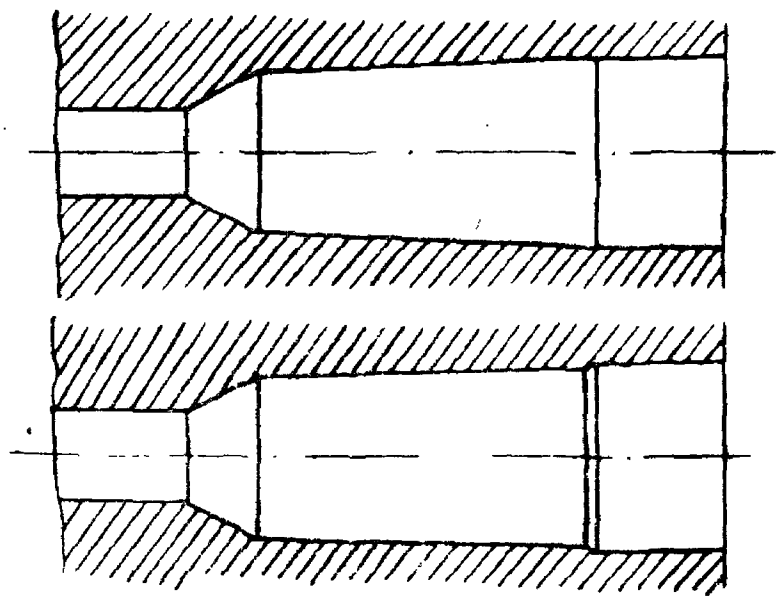

Рис. 157. Патронник с цилиндрическим участком у казенного среза ствола.

в автоматическом оружии со свободным и полусвободным затворами или с так называемым ранним отпиранием, как средство уменьшения прорыва пороховых газов, и в оружии с большой деформацией деталей узла запирания, как средство уменьшения заклинивания гильзы в патроннике.

В процессе смещения конусной гильзы назад при некотором давлении пороховых газов в канале ствола последние проникают через увеличивающийся зазор между стенками гильзы и патронника в механизмы оружия. При наличии цилиндрического участка

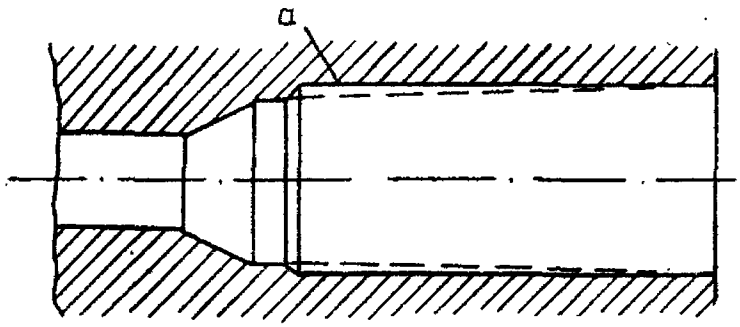

Рис. 158. Патронник с уступом на первом конусе.

в патроннике гильза приобретает при выстреле также цилиндрическую форму. При смещении такой гильзы назад в течение некоторого времени не происходит увеличения зазора между ее стенками и патронником, вследствие чего и уменьшается прорыв газов.

При конусном патроннике и большой деформации (осадке) деталей узла запирания происходит заклинивание гильзы в патроннике. Оно объясняется тем, что при нарастании давления пороховых газов отдельные участки гильзы смещаются назад и деформируются в более широкой части патронника, а при спаде давления они смещаются силой упругости узла запирания вперед, в более узкую часть патронника, и заклиниваются. Наибольшим смещениям и заклиниванию подвергаются участки донной части гильзы, имеющие наиболее толстые стенки. Наличие цилиндрического участка в патроннике исключает увеличение заклинивания гильзы вследствие ее смещения.

На рис. 158 показан патронник с уступом на первом конусе, позволяющим несколько понизить максимальное давление пороховых газов и этим улучшить надежность работы оружия. Давление газов снижается вследствие того, что развитие давления сопровождается перештамповкой гильзы по форме патронника, выбором значительного зазора a и увеличением объема каморы заряжания (запульного пространства).

Опыты стрельбы винтовочным патроном показывают, что если первый конус патронника развернуть до цилиндра, не увеличивая его наибольшего диаметра, то максимальное давление газов понижается на величину порядка 300 $кГ/см^2$. Характерно, что начальная скорость пули при этом практически не изменяется (характер кривой давления изменяется, а работа пороховых газов остается той же).

Форма и размеры пульного входа

Пульный вход (в артиллерийских орудиях соединительный конус) соединяет патронник с нарезной частью канала ствола и служит для обеспечения плавности врезания (форсирования) пули в нарезы ствола. Его форма образуется обычно двумя усеченными конусами, один из которых гладкий, а другой имеет нарезы неполного профиля (рис. 159). При вставленном в патронник патроне в пульном входе должна свободно размещаться (вписываться) выступающая из гильзы часть пули.

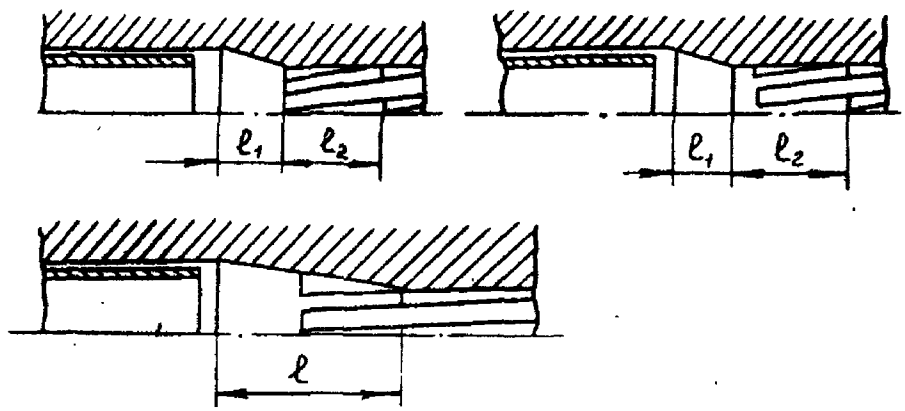

Рис. 159. Форма пульного входа при фиксации патрона закраиной или скатом.

При фиксации патрона в патроннике срезом дульца гильзы пульный вход всегда состоит из одного усеченного конуса (рис. 160).

Продольные размеры пульного входа выбираются из условий плавности и надежного врезания пули в нарезы и соблюдения при этом прочности оболочки. Короткий пульный вход не

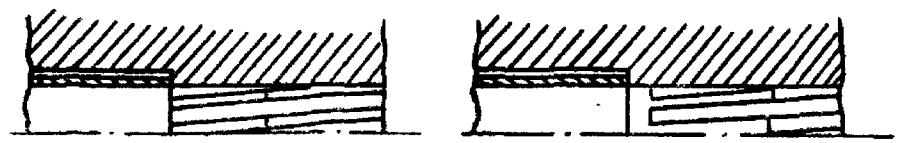

Рис. 160. Форма пульного входа при фиксации патрона срезом дульца гильзы.

обеспечивает плавного врезания пули и прочности оболочки, а длинный не обеспечивает надежного врезания. Пуля, получая значительную скорость поступательного движения и обладая инерционным сопротивлением повороту, в пологом пульном входе, с незначительной глубиной нарезов, может быть «обточена» гранями нарезов и не получит необходимой угловой скорости вращения.

В практике установились размеры пульного входа, характеризуемые пределами от 1 до 3 калибров. У пистолета ТТ, например, длина пульного входа $l = 9{,}8$ *мм* или $1{,}3\,d$; у вин-

товки обр. 1891 30 гг. $l = 21$ *мм* или 2,76 d, причем $l_1 = 3$ *мм*, а $l_2 = 18$ *мм*; у пулемета ДШК $l_1 = 10$ *мм*, $l_2 = 20$ *мм* ($l = 2{,}35\,d$). У 14,5-*мм* ствола (КПВ) пульный вход состоит из одного усеченного конуса длиной 20 *мм*.

Форма и размеры нарезов

Нарезы у существующих образцов оружия существенно отличаются по профилю, т. е. фигуре, которая образуется при сечении ствола плоскостью, перпендикулярной его оси (рис. 161).

Наиболее распространенным является прямоугольный профиль нарезов, как наиболее простой в технологическом отношении.

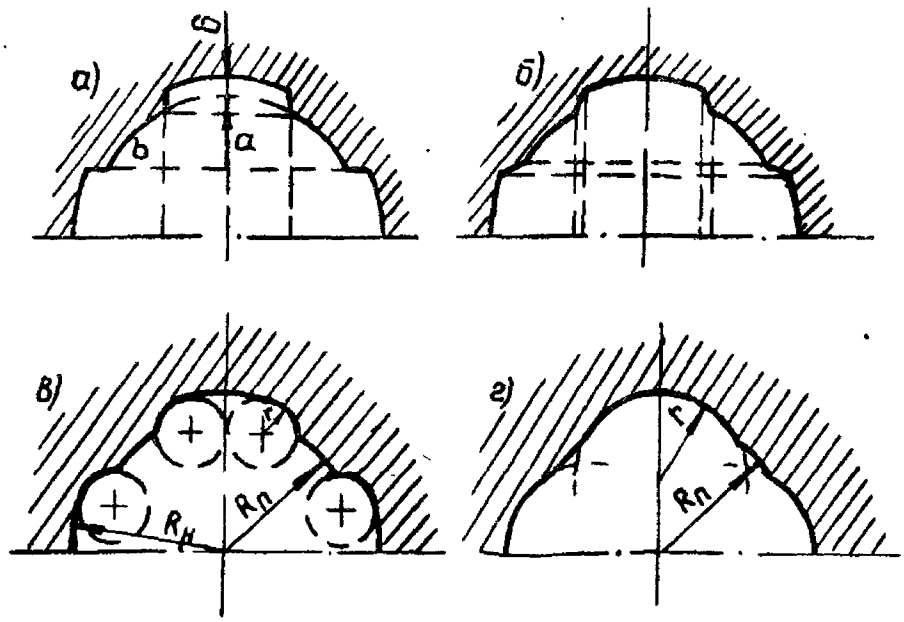

Рис. 161. Профили нарезов: а—прямоугольный; б—трапецевидный; в—скругленный; г—сегментный.

Глубина нарезов в стволах стрелкового оружия составляет обычно полтора — два процента от калибра, т. е.

$$\delta = (0{,}015 - 0{,}020)\,d,$$

причем стволы нормального калибра имеют глубину нарезов ближе к 0,020 d, а стволы крупного калибра — ближе к 0,015 d. Так, у отечественной винтовки $\delta = 0{,}15$ *мм* (0,0197 d), а у 14,5-*мм* пулемета $\delta = 0{,}215$ *мм* (0,0148 d).

Число нарезов (n) обычно увеличивается с увеличением калибра и составляет около половины числа, выражающего калибр (d) в миллиметрах, т. е.

$$n = (0{,}45 - 0{,}55)\,d,$$

что видно из следующих существующих данных:

d мм	7,62	12,7	14,5	23	37	45
n	4	8	8	10	16	24

От числа и глубины нарезов зависит величина удельного давления ведущего устройства (оболочки) на боевую грань нарезов, которая не должна превосходить 25 $кГ/мм^2$ для медных ведущих поясков и 30 $кГ/мм^2$ — для стальных оболочек. При выбранном числе и глубине нарезов величина давления оболочки на боевую грань может быть изменена в некоторых пределах за счет изменения длины ведущего устройства пули или снаряда.

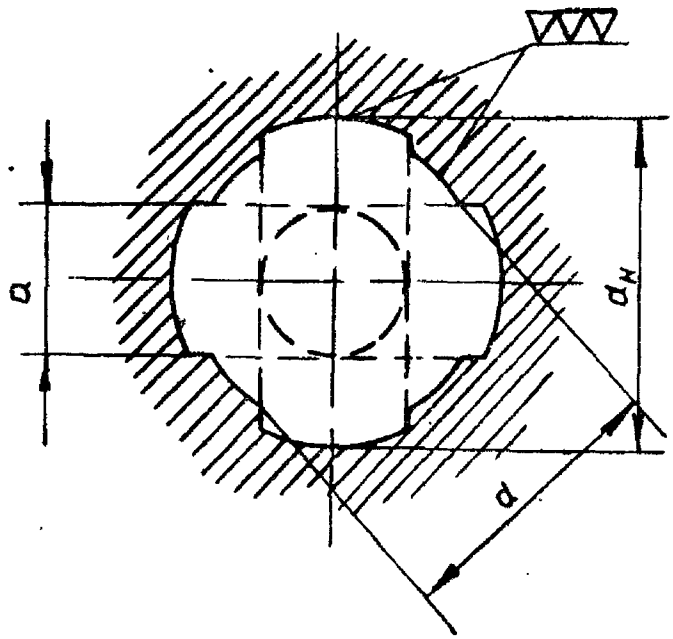

Рис. 162. Прямоугольный профиль нарезов.

Ширина нареза a (рис. 162) берется в два раза больше ширины поля и определяется так:

$$(a+b)n = \pi d.$$

Но $b = \frac{1}{2}a$, тогда

$$a = \frac{2}{3} \cdot \frac{\pi d}{n}.$$

Подсчитанную величину a округляют до удобного числа и принимают за ширину нареза.

Между поперечными размерами пули и канала ствола должно соблюдаться такое соотношение, при котором площадь поперечного сечения пули на 1—2% превышала бы площадь сечения

канала ствола, что необходимо для надежности форсирования пули без прорыва пороховых газов. Из условия

$$\frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} = (0{,}01 - 0{,}02)\, n_s\, d^2$$

получаем такую связь диаметра пули с калибром:

$d_{\text{п}} = (1{,}03 - 1{,}04)\, d$ — для нормального калибра и
$d_{\text{п}} = (1{,}02 - 1{,}03)\, d$ — для крупного калибра.

Некоторые фактические данные о размерах нарезной части канала ствола приводятся в табл. 55.

Таблица 55

Значения размеров нарезной части (*мм*)

Система	d	$d_{\text{н}}$	a	Шаг нарезов
ДПМ	7,62+0,06	7,92+0,07	3,81+0,2	240
ДШК	12,66+0,08	13+0,1	2,8+0,2	381
КПВ	14,5 +0,08	14,93+0,1	3,4+0,3	420

В подавляющем большинстве случаев номинальное значение диаметра пули совпадает с номиналом диаметра канала по нарезам

$$d_{\text{п}} = d_{\text{н}},$$

что также может быть принято во внимание при определении соотношения размеров пули и канала ствола.

Длина нарезной части ствола определяется в результате выбора баллистического решения (см. §§ 7, 8). При этом следует иметь в виду, что баллистическое решение дает длину пути пули при движении ее в канале ствола, а длина нарезной части будет меньше на величину посадки пули в дульце гильзы и длину пульного входа.

Длина хода (шаг) нарезов определяется из условий устойчивости пули при полете ее в воздухе (см. § 17).

Направление нарезов встречается как правое (в СССР), так и левое (в Англии и во Франции). Особых преимуществ то или иное направление не имеет. С изменением направления нарезов изменяется направление деривации.

Форма дульного среза у стволов стрелкового оружия (рис. 163) делается такой, чтобы предотвратить случайные повреждения поверхности канала ствола в дульной части, нарушающие меткость боя оружия. Наиболее хорошо предохраняет канал ство-

ла от повреждений раззенкованная дульная часть. Такую форму придают обычно винтовочным стволам после износа нарезов в дульной части, ухудшающего меткость стрельбы.

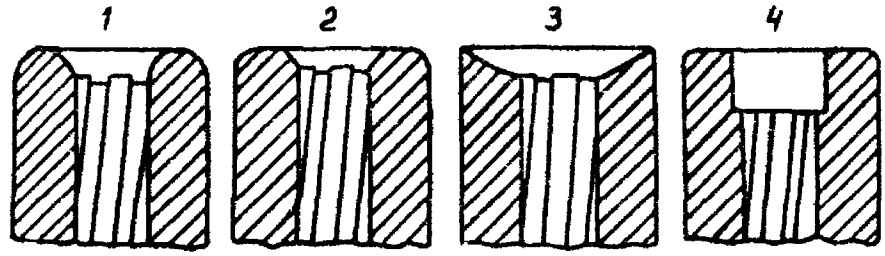

Рис. 163. Формы дульного среза ствола:
1—закругленная; 2—с фасками; 3—со сферической выемкой; 4—с раззенковкой.

Дульный срез в виде конуса или части сферы делается у стволов, сопрягаемых с надульником (системы с отдачей ствола).

§ 32. ПРОЧНОСТЬ СТВОЛОВ МОНОБЛОКОВ

На ствол при выстреле действуют следующие силы:

— сила давления пороховых газов, вызывающая напряжения и деформации в стенках ствола;

— осевая составляющая силы трения пули (снаряда) о поверхность канала ствола и силы давления ведущего устройства на боевые грани нарезов;

— поперечная составляющая этих сил;

— силы инерции, возникающие в стенках ствола вследствие быстрого развития давления газов или в результате ускоренного движения ствола;

— осевые силы, обусловленные способом крепления ствола в оружии.

Точный учет всех перечисленных сил делает решение задачи о расчете ствола на прочность сложным. Поэтому при расчете стволов на прочность принимают ряд упрощающих допущений, позволяющих сложную задачу о расчете ствола свести к расчету простой цилиндрической трубы. К этим допущениям относятся следующие:

— силы трения пули о поверхность канала ствола вызывают пренебрежимо малые осевые напряжения в стенках ствола;

— давление ведущего устройства на боевые грани нарезов вызывает пренебрежимо малые напряжения кручения;

— нагрузки, испытываемые стволом при выстреле, носят статический характер;

— ствол состоит из большого числа цилиндрических участков, имеющих соответствующие средние диаметры;

— материал ствола однороден и изотропен, давление в каждой точке нормально к поверхности, форма участка при деформации сохраняется, а любое поперечное сечение остается плоским.

Таким образом, задача расчета ствола сводится к расчету изотропной цилиндрической трубы, подвергнутой внутреннему статическому давлению. В ряде случаев эта труба будет открытой, в некоторых случаях ее стенки будут испытывать осевое усилие, которое легко определяется в зависимости от конкретной схемы крепления ствола в оружии.

Напряжения и деформации в стенках трубы

В курсах сопротивления материалов выводятся следующие выражения для упругих напряжений в стенках толстостенной цилиндрической трубы, подвергнутой действию внутреннего и наружного давления (рис. 164):

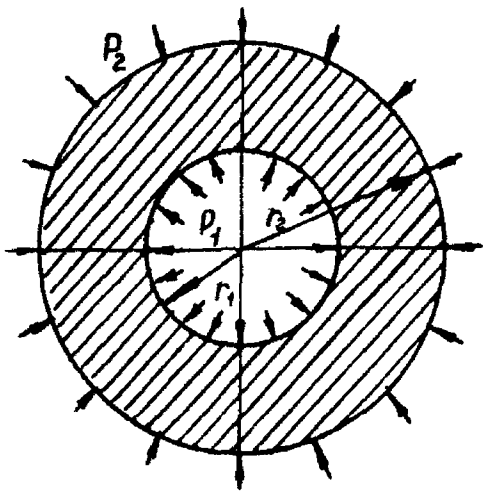

Рис. 164. Поперечный разрез трубы.

$$\sigma_t = c_1 + \frac{c_2}{r^2}\ ; \qquad (106)$$

$$\sigma_r = c_1 - \frac{c_2}{r^2}\ ; \qquad (107)$$

$$c_1 = \frac{P_1 r_1^2 - P_2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}\ ; \qquad (108)$$

$$c_2 = \frac{(P_1 - P_2)\, r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}\ , \qquad (109)$$

где σ_t, σ_r — тангенциальное и радиальное нормальные напряжения соответственно;

c_1, c_2 — постоянные интегрирования дифференциального уравнения равновесия элементарного объема, выделенного в стенке трубы;

P_1, P_2 — давления соответственно внутри трубы и снаружи;

r_1, r_2 — радиусы соответственно внутренней и наружной поверхностей трубы;

r — радиус рассматриваемого слоя, в котором определяются напряжения (текущий радиус).

Зная размеры открытой трубы r_1 и r_2 и давления P_1 и P_2, можно определить напряжения σ_t и σ_r в любой точке, расположенной на удалении r от продольной оси трубы.

Для трубы с дном (рис. 165) может быть определено, кроме того, осевое напряжение σ_z, которое является, в соответствии с принятыми допущениями, постоянным по толщине стенок и равно

$$\sigma_z = \frac{\pi r_1^2 P_1 - \pi r_2^2 P_2}{\pi (r_2^2 - r_1^2)} = \frac{P_1 r_1^2 - P_2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} = c_1\ . \qquad (110)$$

Для цилиндрической трубы с учетом принятых ранее допущений напряжения σ_t, σ_r, σ_z являются главными нормальными напряжениями.

Для главных относительных упругих деформаций имеются следующие выражения:

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E}[\sigma_t - \mu(\sigma_r + \sigma_z)]; \tag{111}$$

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E}[\sigma_r - \mu(\sigma_z + \sigma_t)]; \tag{112}$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}[\sigma_z - \mu(\sigma_t + \sigma_r)], \tag{113}$$

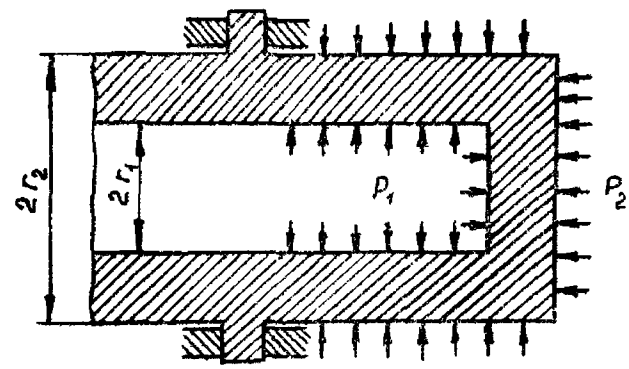

Рис. 165. Продольный разрез трубы с дном.

где ε_t, ε_r, ε_z, — тангенциальная, радиальная и осевая деформации соответственно;

E — модуль упругости металла трубы;

μ — коэффициент Пуассона.

Условимся брать в дальнейшем коэффициент Пуассона численным значением $\mu = \frac{1}{3}$. Тогда выражения для деформаций примут следующий вид:

— для открытой трубы ($\sigma_z = 0$)

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E}\left(\frac{2}{3}c_1 + \frac{4}{3}\cdot\frac{c_2}{r^2}\right); \tag{114}$$

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E}\left(\frac{2}{3}c_1 - \frac{4}{3}\cdot\frac{c_2}{r^2}\right); \tag{115}$$

$$\varepsilon_z = -\frac{1}{E}\cdot\frac{2}{3}c_1; \tag{116}$$

— для трубы с дном ($\sigma_z = c_1$)

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E}\left(\frac{1}{3}c_1 + \frac{4}{3}\cdot\frac{c_2}{r^2}\right); \tag{117}$$

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E}\left(\frac{1}{3}c_1 - \frac{4}{3}\cdot\frac{c_2}{r^2}\right); \tag{118}$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}\cdot\frac{1}{3}c_1 . \tag{119}$$

Исследование выражений для напряжений и деформаций показывает, что:

1) при $c_1 > 0$ и $c_2 > 0$ или $c_1 < 0$ и $c_2 < 0$, то есть при $\frac{P_1}{P_2} > \frac{r_2^2}{r_1^2}$ или $\frac{P_1}{P_2} < 1$, тангенциальные напряжения и деформации всегда больше по величине соответственно радиальных напряжений и деформаций. Наибольших по величине значений напряжения и деформации достигают на внутренней поверхности трубы;

2) при $c_1 < 0$ и $c_2 > 0$, то есть при $1 < \frac{P_1}{P_2} < \frac{r_2^2}{r_1^2}$, радиальные напряжения и деформации больше по величине соответственно тангенциальных напряжений и деформаций, но обратны

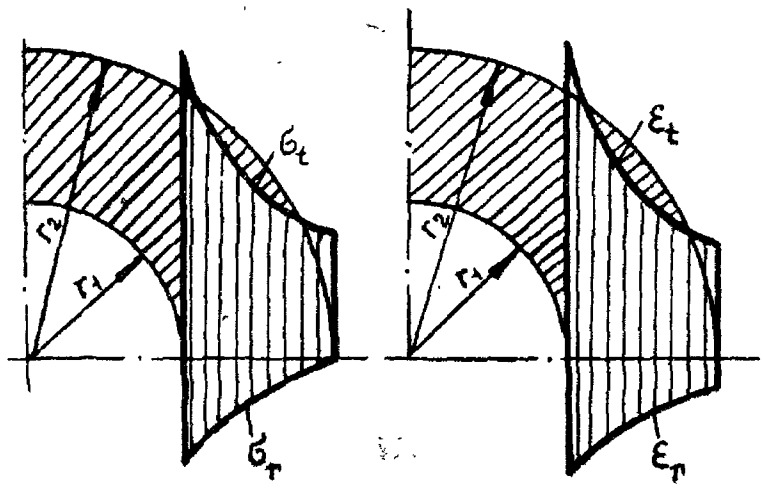

Рис. 166. Распределение напряжений и деформаций по толщине стенок трубы при $P_2 = 0$.

им по знаку; наибольших значений они также достигают на внутренней поверхности трубы;

3) при $c_1 = 0\left(\frac{P_1}{P_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}\right)$ тангенциальные напряжения и деформации равны по величине соответственно радиальным напряжениям и деформациям, но обратны им по знаку, а при $c_2 = 0\ \left(\frac{P_1}{P_2} = 1\right)$ равны по величине, одинаковы по знаку и сохраняют постоянные значения, независимо от положения слоя (точки) в стенке трубы.

Таким образом, можно сформулировать два следующих правила:

— величина тангенциальных напряжений больше, чем величина радиальных напряжений для любой точки трубы, если c_1 и c_2 имеют одинаковые знаки, и, наоборот, величина радиальных напряжений больше, если c_1 и c_2 имеют разные знаки;

— наибольших значений напряжения достигают на внутренней поверхности трубы, за исключением случая $P_1=P_2$, когда напряжения равномерно распределены по всей толщине стенок.

Эти правила в равной мере относятся и к деформациям.

На рис. 166 показано распределение напряжений и деформаций по толщине стенок трубы, подвергнутой действию давления только изнутри ($P_2=0$). В случае действия наружного давления картина распределения напряжений и деформаций отличалась бы наличием на наружной поверхности радиального напряжения ($\sigma_{r2}=-P_2$) и иным характером кривых в соответствии с сформулированными выше правилами.

Теории прочности

Теории прочности позволяют установить те характеристики сложного напряженного состояния, по которым можно судить о прочности детали. В настоящее время существует несколько теорий прочности.

По первой теории прочности (теории Рэнкина) за характеристику прочности принимается наибольшее из нормальных напряжений. Применительно к трубе, нагруженной внутренним давлением, наибольшим является тангенциальное напряжение на ее внутренней поверхности, поэтому условие прочности имеет вид:

$$R_Z \geqslant \sigma_{t1},$$

где R_Z — допускаемое нормальное напряжение.

Воспользовавшись выражениями (106), (108), (109) при $r=r_1$ и $P_2=0$, получим

$$\sigma_{t1}=P_1\frac{r_2^2+r_1^2}{r_2^2-r_1^2} \qquad (120)$$

и

$$R_Z \geqslant P_1\frac{r_2^2+r_1^2}{r_2^2-r_1^2}.$$

Поскольку эта теория прочности не учитывает сложное напряженное состояние, она при расчете труб (стволов) не применяется. Ею пользуются только при одноосном (простом) напряженном состоянии (при растяжении или сжатии).

По второй теории прочности (теории Сен-Венана) за характеристику прочности принимается наибольшая из нормальных деформаций. Применительно к трубе, нагруженной внутренним

давлением, наибольшей является тангенциальная деформация на внутренней поверхности, поэтому условие прочности записывается так:

$$R_Z \geqslant E\varepsilon_{t1}.$$

Воспользовавшись выражениями (114), (108), (109) при $r = r_1$ и $P_2 = 0$, получаем

$$E\varepsilon_{t1} = \frac{2}{3} P_1 \frac{2r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \tag{121}$$

и

$$R_Z \geqslant \frac{2}{3} P_1 \frac{2r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Вторая теория нашла широкое применение при расчете стволов артиллерийских орудий и стрелкового оружия, хотя она также не является совершенной.

По третьей теории прочности (теории Кулона) за характеристику прочности принимается наибольшее касательное (скалывающее) напряжение. Применительно к трубе наибольшим является касательное напряжение на ее внутренней поверхности, и условие прочности записывается в таком виде:

$$\tau_z \geqslant \frac{1}{2} (\sigma_{t1} - \sigma_{r1}),$$

где τ_z — допускаемое скалывающее напряжение.

Учитывая известную связь касательного и нормального напряжений при простом растяжении $\tau = \frac{1}{2}\sigma$ и принимая во внимание выражения (106), (107), (108), (109) при $r = r_1$ и $P_2 = 0$, получаем

$$\tau_1 = P_1 \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \tag{122}$$

и

$$R_Z \geqslant P_1 \frac{2r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Третья теория прочности также применяется при расчете стволов на прочность, хотя она неточно отражает действительные условия разрушения при сложном напряженном состоянии.

Кроме перечисленных, существуют еще так называемые **энергетические теории прочности**. Представителем их является теория Губера—Мизеса—Генки, по которой за характеристику прочности принимается энергия формоизменения. В основу расчета на прочность принимается потенциальная энергия изменения формы единицы объема, а условие прочности имеет вид:

$$u_z \geqslant u_{0_1} \tag{123}$$

где u_z — допускаемая энергия изменения формы при простом растяжении.

Потенциальная энергия деформации единицы объема тела при объемном напряженном состоянии выражается через главные нормальные напряжения и деформации следующим образом:

$$u = \frac{1}{2}(\sigma_1\varepsilon_1 + \sigma_2\varepsilon_2 + \sigma_3\varepsilon_3).$$

Имея в виду выражения (111), (112), (113) для главных деформаций, получаем

$$u = \frac{1}{2E}[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)].$$

Последнее равенство может быть приведено к следующему виду:

$$u = \frac{1-2\mu}{6E}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 + \frac{1+\mu}{6E}[(\sigma_1-\sigma_2)^2 + (\sigma_2-\sigma_3)^2 + (\sigma_3-\sigma_1)^2].$$

Первое слагаемое в полученном равенстве означает потенциальную энергию изменения объема, а второе слагаемое

$$u_0 = \frac{1+\mu}{6E}[(\sigma_1-\sigma_2)^2 + (\sigma_2-\sigma_3)^2 + (\sigma_3-\sigma_1)^2] \qquad (124)$$

— потенциальную энергию изменения формы, поскольку в него входят разности нормальных напряжений, определяющие собой касательные напряжения, вызывающие изменение формы.

Применяя последнее равенство к одноосному напряженному состоянию (растяжению), получим

$$u_0 = \frac{1+\mu}{6E}2\sigma^2$$

и, следовательно,

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_1-\sigma_2)^2 + (\sigma_2-\sigma_3)^2 + (\sigma_3-\sigma_1)^2}. \qquad (125)$$

Положив $\sigma_1 = \sigma_{t1}$, $\sigma_2 = \sigma_{r1}$, $\sigma_3 = \sigma_z$ и приняв во внимание выражения (106), (107), (108), (109), (110) при $r = r_1$ и $P_2 = 0$, получаем

$$\sigma = \sqrt{3}\,P_1\frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \quad \text{при} \quad \sigma_z = c_1; \qquad (126)$$

$$\sigma = P_1\frac{\sqrt{3r_2^4 + r_1^4}}{r_2^2 - r_1^2} \quad \text{при} \quad \sigma_z = 0. \qquad (127)$$

Условие прочности (123) примет вид:

$$R_Z \geqslant \sqrt{3}\, P_1 \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \quad \text{при} \quad \sigma_z = c_1$$

и

$$R_Z \geqslant P_1 \frac{\sqrt{3r_2^4 + r_1^4}}{r_2^2 - r_1^2} \quad \text{при} \quad \sigma_z = 0.$$

Полученные условия прочности позволяют сделать сравнительную оценку теорий прочности. Если подсчитать по ним величины отношения $\frac{P_1}{R_Z}$ при различных значениях отношения $a = \frac{r_2}{r_1}$, то получим следующую картину (рис. 167), откуда следует, что для каждой теории прочности надо брать свое

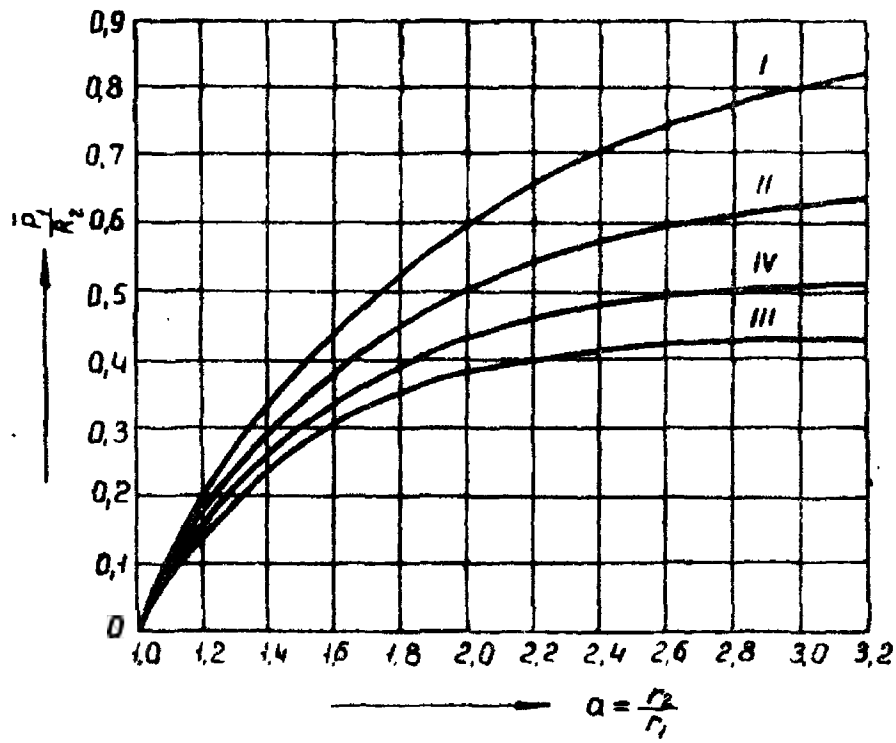

Рис. 167. Сравнительные данные расчетов по различным теориям прочности.

допускаемое напряжение или свой запас прочности. При расчете ствола, например, по второй теории прочности запас прочности надо брать больше, чем при расчете по четвертой теории прочности, а при расчете по третьей теории — меньше, чем по четвертой.

В дальнейшем будем пользоваться четвертой теорией прочности, как наиболее совершенной в сравнении с другими теориями прочности. Рядом работ по исследованию упругодеформирован-

ного состояния металлов доказано, что эта теория прочности достаточно хорошо отражает условие пластичности в различных случаях приложения внешних сил.

Условие же пластичности как раз и представляет интерес при расчете стволов на упругое сопротивление. Принимаемые при этом запасы прочности, гарантирующие отсутствие пластической деформации, являются в этом случае действительными запасами прочности, что выгодно отличает эту теорию прочности от других перечисленных теорий. Имея запас прочности, равный, например, 1,1, можно с достаточной достоверностью утверждать, что начало пластической деформации наступит при увеличении принятого давления в стволе на 10%, чего вовсе нельзя сказать, приняв, например, вторую теорию прочности. Расчет по четвертой теории прочности значительно проще расчета по второй теории.

Аналитический расчет моноблока

В качестве основной характеристики прочности металла ствола примем предел текучести σ_s.

Введем обозначения

$$R_z = \frac{\sigma_s}{n}, \quad nP_1 = \overline{P}_1, \quad \frac{r_2}{r_1} = a,$$

где n — коэффициент безопасности или запас прочности.

Тогда выражения (126) и (127) для четвертой теории прочности можно записать так:

$$\sigma_s = \sqrt{3}\,\overline{P}_1 \frac{a^2}{a^2-1} \quad \text{при } \sigma_z = c_1 \tag{128}$$

и

$$\sigma_s = \overline{P}_1 \frac{\sqrt{3a^4+1}}{a^2-1} \quad \text{при } \sigma_z = 0. \tag{129}$$

Более удобной для вычислений является формула (128), которой и рекомендуется пользоваться. Поскольку характерным является случай $\sigma_z = 0$, то к правой части введем поправочный коэффициент m и формулу перепишем так:

$$\sigma_s = m\sqrt{3}\,\overline{P}_1 \frac{a^2}{a^2-1}, \tag{130}$$

где

$$m = \sqrt{1 + \frac{1}{3a^4}}. \tag{131}$$

С увеличением a коэффициент m быстро убывает от своего максимального значения $\frac{2}{\sqrt{3}}$ до 1, что видно из рис. 168. Для средних толщин стенок ствола ($a = 1{,}8 - 2{,}0$) он мало отличается от единицы, и без заметной погрешности можно брать $m = 1$.

При расчете ствола на прочность по формуле (130) необходимо учитывать следующее:

1) различные сечения ствола рассчитываются с учетом кривой давления газов (см. § 9). Место максимального давления газов условно смещается для гарантии на 2—3 калибра вперед (рис. 169);

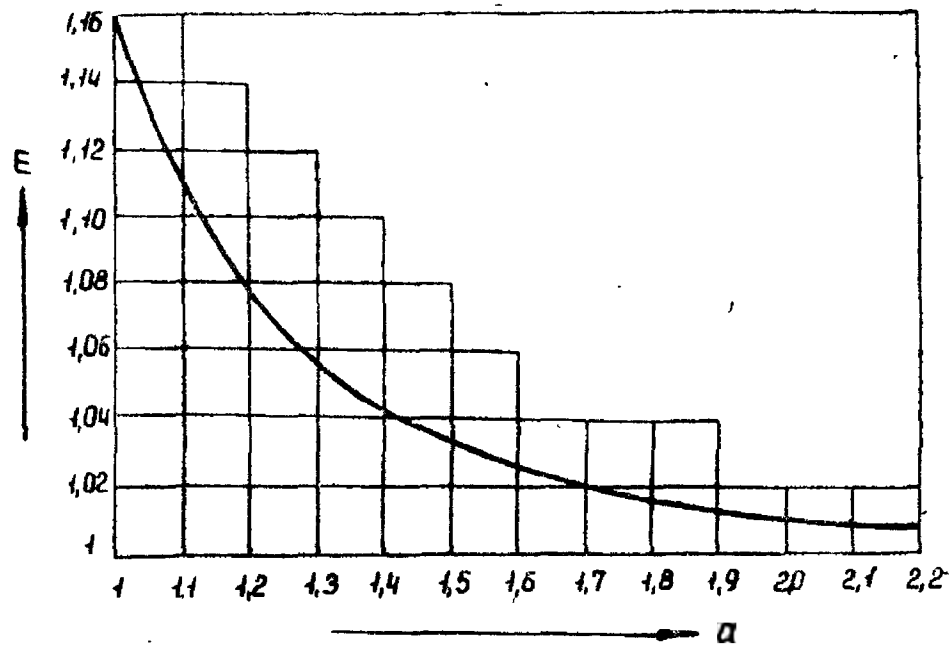

Рис. 168. График зависимости m от a.

2) запас прочности у казенного среза, учитывая сопротивление гильзы, может быть взят несколько меньше единицы, но не менее 0,9;

3) расчет целесообразно начинать с казенного среза, как наиболее слабого сечения вследствие уширения каморы.

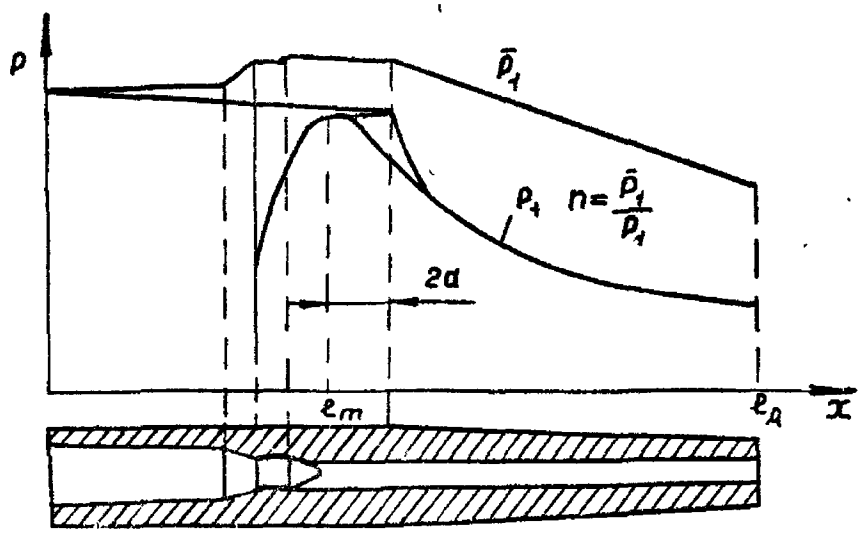

Рис. 169. Кривые давления газов и действительного сопротивления стенок ствола.

На принятый запас прочности (например, $n = 0{,}95$) умножается давление, действующее в данном сечении ствола, и определяется расчетное давление $\overline{P}_1 = nP_1$. Затем по формуле (130) в зависимости от предела текучести металла определяется наружный размер ствола

$$a = \sqrt{\frac{\sigma_s}{\sigma_s - m\sqrt{3}\,\overline{P}_1}} \quad \text{и} \quad r_2 = ar_1,$$

принимая в первом приближении $m = 1$. Пользуясь формулой (131), можно уточнить значение m и уточнить r_2.

При $m\sqrt{3}\,\overline{P}_1 = \sigma_s$ величины a и r_2 обращаются в бесконечность, что означает неизбежность пластической деформации металла внутренних слоев и чего можно избежать, увеличив значение σ_s (взяв более прочный металл) или уменьшив значение $\overline{P}_1$;

4) наружная поверхность ствола очерчивается с учетом полученного значения r_2, способа его крепления в оружии и т. д. и состоит обычно из цилиндрических и конических поверхностей. Для остальных сечений решается задача проверки прочности. По формулам (131) и (130) определяется расчетное давление (действительное сопротивление)

$$\overline{P}_1 = \frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}} \cdot \frac{a^2 - 1}{a^2}.$$

В результате проделанных расчетов всех сечений с резкими переходами в очертании внутренней и наружной поверхностей ствола строится кривая действительного сопротивления (рис. 169). Наличие кривой давления газов P_1 и кривой действительного сопротивления $\overline{P}_1$ позволяет наглядно представить состояние прочности ствола и определить запас прочности для любого сечения как отношение ординат указанных кривых

$$n = \frac{\overline{P}_1}{P}.$$

Пример. Дано давление, действующее на стенки каморы, $P_1 = 3000$ *кГ/см*^{2}. Требуется определить наружные размеры казенной части ствола, изготовляемого из углеродистой стали ($\sigma_s = 55$ *кГ/мм*^{2}), при наибольшем диаметре патронника $d_1 = 12$ *мм*.

Для решения этой задачи воспользуемся формулой (130), приняв в первом приближении $m = 1$ и $n = 0{,}9$. Тогда

$$\overline{P}_1 = nP_1 = 0{,}9 \cdot 30 = 27{,}0 \text{ кГ/мм}^2;$$

$$a = \sqrt{\frac{55}{55 - \sqrt{3} \cdot 27}} = \sqrt{\frac{55}{55 - 46{,}8}} = 2{,}59;$$

$$d_2 = ad_1 = 2{,}59 \cdot 12 = 31 \text{ мм}.$$

Величина m определяется по a и равна 1,004.

Во втором приближении получаем $a = 2{,}62$ и $d_2 = 2{,}62 \cdot 12 = 31{,}5$ *мм*. Как видно из примера, разница в размерах получается практически ничтожной, и можно ограничиться $m = 1$.

Если ствол калибра 7,62 *мм* сделать на участке до сечения, соответствующего $P_1 = P_{max}$, цилиндрическим, то в этом сечении

$$a = \frac{31{,}5}{7{,}62} = 4{,}13; \quad m = 1{,}001;$$

$$\bar{P}_1 = \frac{55}{1{,}001\sqrt{3}} \cdot \frac{4{,}13^2 - 1}{4{,}13^2} = 1{,}86\,(17{,}1 - 1) = 31{,}8\ кГ/мм^2;$$

$$n = \frac{\bar{P}_1}{P_1} = \frac{31{,}8}{30} = 1{,}06.$$

По второй и третьей теориям прочности расчет стволов производится с учетом выражений (121) и (122), которые записываются так:

$$\sigma_s = \frac{2}{3} \bar{P}_1 \frac{2a^2 + 1}{a^2 - 1} \quad (\text{при } \sigma_z = 0) \tag{132}$$

и

$$\sigma_s = \bar{P}_1 \frac{2a^2}{a^2 - 1}. \tag{133}$$

Порядок расчета аналогичен приведенному выше, с той лишь разницей, что здесь берутся свои запасы прочности (для казенного среза не меньше 1).

Поперечные размеры стволов стрелкового оружия в средней и дульной части выбираются не из условий сопротивления стенок давлению газов, а из конструктивных соображений, служебной прочности и условий охлаждения. Поэтому запасы прочности там достигают величин порядка $n = 3 - 5$.

Графический способ расчета моноблоков

Выражение (125) для приведенного напряжения в произвольной точке ствола по энергии формоизменения после подстановки в него выражений для напряжений

$$\sigma_1 = \sigma_t = c_1 + \frac{c_2}{r^2},$$

$$\sigma_2 = \sigma_r = c_1 - \frac{c_2}{r^2},$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = c_1 \quad (\text{или } \sigma_z = 0)$$

приводится к виду:

$$\sigma = m\sqrt{3}\,\frac{c_2}{r^2}. \tag{134}$$

После подстановки $r^2 = \frac{h}{x}$ получаем уравнение прямой линии

$$\frac{\sigma}{m\sqrt{3}} = \frac{c_2}{h} x, \qquad (135)$$

где h — любая постоянная величина, означающая масштаб графических построений;

x — новая переменная, обратно пропорциональная квадрату радиуса.

Радиальное напряжение, определяемое по формуле (107), можно рассматривать как давление

$$|\sigma_r| = P = \frac{c_2}{r^2} - c_1.$$

С учетом примененной ранее подстановки получаем также уравнение прямой линии

$$P = \frac{c_2}{h} x - c_1. \qquad (136)$$

Графики уравнений (135) и (136) для случая отсутствия наружного давления ($P_2 = 0$) показаны на рис. 170. Эти графики представляют собой параллельные линии, которые отстоят одна от другой по высоте на расстоянии c_1 и проходят: нижняя через точку $(x_2, 0)$, а верхняя через начало координат. Эти свойства указанных графиков позволяют находить одну из четырех величин r_1, r_2, $\bar{P}_1$, σ_s по заданным трем и решать, таким образом, все основные задачи расчета моноблоков на упругое сопротивление.

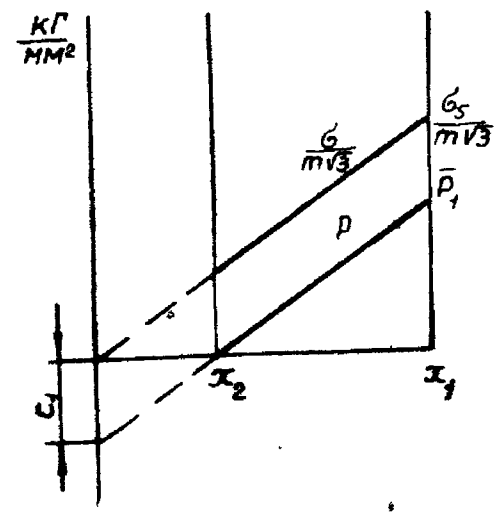

Рис. 170. Графический расчет моноблока по четвертой теорни прочности.

Если, например, заданнымн являются r_1, P_1, σ_s, а надо определить наружный радиус r_2, удовлетворяющий условию (129), то задача решается следующим образом (рис. 170). По оси абсцисс откладывается произвольный отрезок x_1. Из конца этого отрезка откладывается вверх в определенном масштабе величина расчетного давления $\bar{P}_1 = nP_1$, где n—запас прочности.

В первом приближении можно принять $m = 1$ и отложить $\frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}$ в том же масштабе, что и $\bar{P}_1$. Из точки $\left(x_1, \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}\right)$ должна пройти прямая в начало координат, а параллельно ей должна пройти линия давлений, пересекающая ось абсцисс в точке $(x_2, 0)$.

Поскольку $x_1 = \frac{h}{r_1^2}$ и $x_2 = \frac{h}{r_2^2}$,

$$r_2 = \sqrt{\frac{x_1}{x_2}}\, r_1.$$

Теперь решение можно уточнить, определив по формуле (131) значение m и отложив на графике более точное значение $\frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}}$, в чем практически нет необходимости, так как поправка к r_2 получается несущественной.

При определении сопротивления трубы P_1, когда материал (σ_s) и размеры ее (r_1, r_2) заданы, сразу можно определить m и отложить из конца произвольного отрезка x_1 величину $\frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}}$.

Проведя из начала координат в точку $\left(x_1, \frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}}\right)$ прямую и параллельно ей через конец отрезка $x_2 = \frac{r_1^2}{r_2^2} x_1$ другую прямую, получим искомую величину $\bar{P}_1$. Приняв во внимание запас прочности n, получаем допустимое давление в стволе $P_1 = \frac{\bar{P}_1}{n}$.

Аналогичным образом решается задача отыскания необходимого предела текучести металла ствола σ_s по заданным r_1, r_2, P_1, с той лишь разницей, что сначала проводится прямая через точки $(x_2, 0)$, $(x_1, \bar{P}_1)$, а затем параллельно ей проводится прямая из начала координат. Имея теперь значение $\frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}}$, можно определить искомый предел текучести металла

$$\sigma_s = \left[\frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}}\right] m\sqrt{3}.$$

Если учесть, что

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_t - \sigma_r) = \frac{c_2}{h} x,$$

то совершенно аналогичным образом можно графически рассчитать моноблок по третьей теории прочности (рис. 171). В отличие от четвертой теории прочности здесь только вместо величины $\frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}}$ откладывается величина $\frac{\sigma_s}{2}$.

Для расчета моноблока по второй теории прочности выражения (114) и (115) для тангенциальной и радиальной деформаций можно представить в следующем виде:

$$\frac{3}{4} E\varepsilon_t = \frac{c_2}{h} x + \frac{c_1}{2}$$

и

$$\frac{3}{4} |E\varepsilon_r| = \frac{c_2}{h} x - \frac{c_1}{2}.$$

Эти выражения представляют собой уравнения параллельных линий, показанных на рис. 172. Там же показаны линии касательного (скалывающего) напряжения τ и давления P.

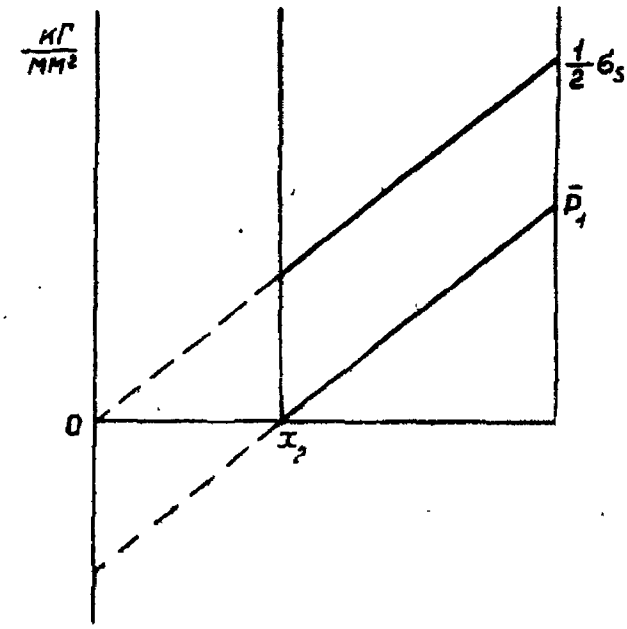

Рис. 171. Графический расчет моноблока по третьей теории прочности.

Если требуется определить наружные размеры ствола (r_2) по заданиым r_1, P_1 и σ_s, то следует поступить следующим образом: отложить по оси абсцисс в произвольном масштабе

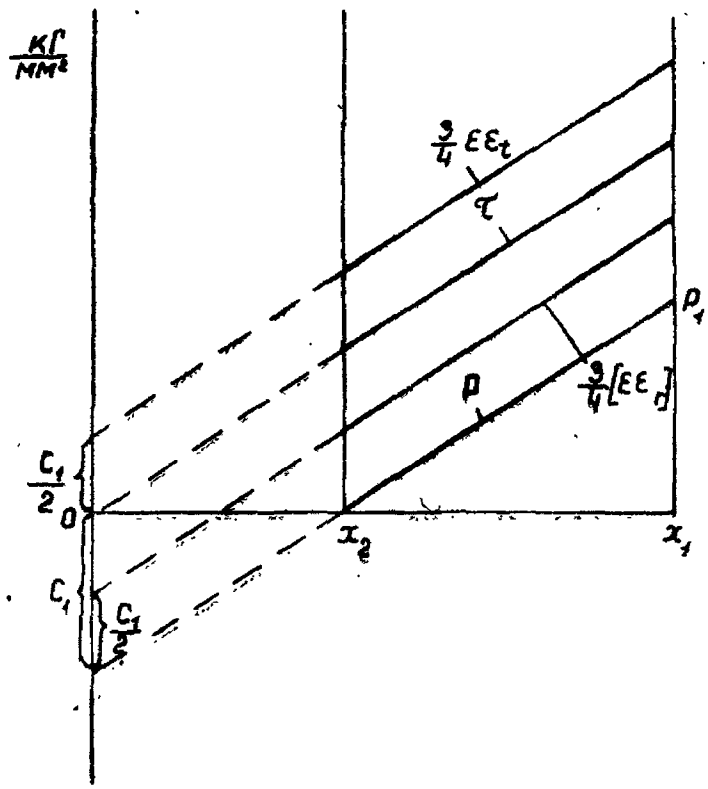

Рис. 172. Графический расчет моноблока по второй теории прочности.

отрезок x_1 (рис. 173), из конца этого отрезка отложить в определенном масштабе величины $\overline{P}_1 = nP_1$ и $\frac{3}{4}\sigma_s$. Полученные точки должны лежать соответственно на линии давлений и линии тангенциальных деформаций.

Далее задача состоит в том, чтобы провести эти линии и определить x_2 как точку пересечения линии давлений с осью

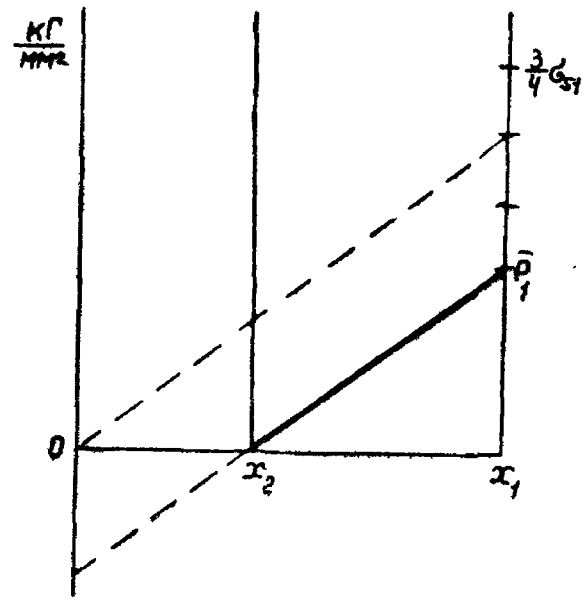

Рис. 173. Графическое определение наружных размеров моноблока.

абсцисс. Для этого расстояние между точками $\left(x_1, \frac{3}{4}\sigma_s\right)$ и $(x_1, \overline{P}_1)$ следует разделить на три равные части, из верхней точки деления провести в начало координат линию касательных напряжений и параллельно ей провести линию давлений.

По величинам x_1 и x_2 определяется

$$r_2 = \sqrt{\frac{x_1}{x_2}} \cdot r_1.$$

Задача определения упругого сопротивления ствола заданных размеров решается следующим образом (рис. 174): отложив, как указано на рисунке, величины x_1, $x_2 = \frac{r_1^2}{r_2^2} x_1$, $\frac{3}{4}\sigma_s$, надо соединить точки $(x_2, 0)$ и $\left(x_1, \frac{3}{4}\sigma_s\right)$, полученный отрезок разделить на три равные части, через верхнюю точку деления и начало координат провести линию касательных напряжений, а параллельно ей через точку $(x_2, 0)$ провести линию давлений.

Получим $\overline{P}_1$ и $P_1 = \frac{\overline{P}_1}{n}$.

Читателю представляется возможность самостоятельно решить задачу отыскания необходимого предела текучести металла ствола заданных размеров по заданному давлению.

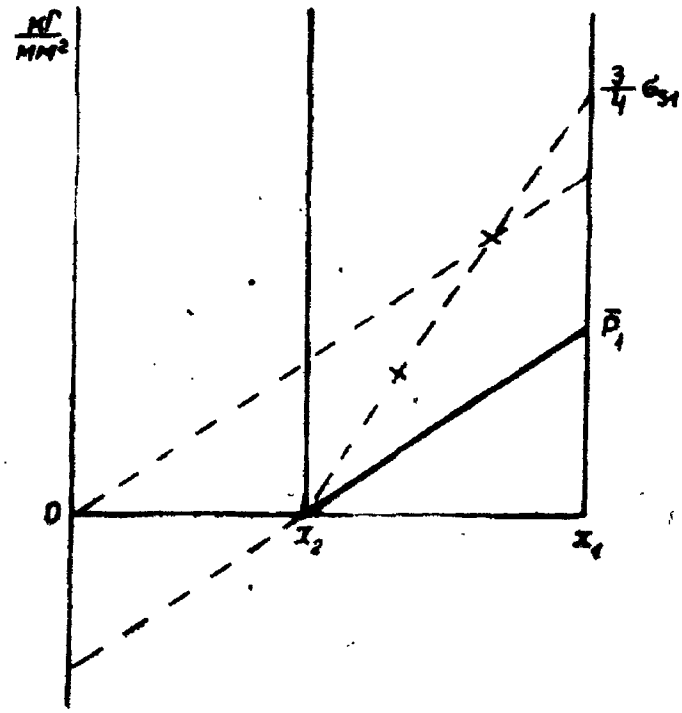

Рис. 174. Графическое определение упругого сопротивления моноблока.

§ 33. ПРОЧНОСТЬ СКРЕПЛЕННЫХ СТВОЛОВ

Если записать условие прочности моноблока в таком виде:

$$r_2 = \sqrt{\frac{\sigma_s}{\sigma_s - m\sqrt{3}\,P_1}} \cdot r_1 ,$$

то нетрудно заметить, что с увеличением давления внутри трубы при данном пределе текучести металла резко возрастает толщина ее стенок. Наружные размеры ствола зачастую получаются практически не приемлемыми при достаточно высоких характеристиках прочности металла. Поэтому при больших значениях давления приходится применять искусственные способы повышения прочности ствола, к числу которых относится и так называемое скрепление стволов.

Сущность скрепления стволов состоит в том, что ствол делается состоящим из двух* слоев — внутреннего слоя (трубы) и наружного слоя (кожуха), одеваемых друг на друга с некоторым натягом. Тогда труба под действием давления со стороны кожуха будет испытывать тангенциальные напряжения сжатия, а кожух — напряжения растяжения (рис. 175, пунктирные линии).

При нагружении внутренним давлением труба будет испытывать меньшее напряжение растяжения за счет скрепляющего действия кожуха. Зато кожух окажется больше нагруженным, чем

* В данном случае рассматривается двухслойное скрепление (в отличие от многослойного) как предельное для стволов стрелкового оружия.

если бы он был частью моноблока. Скрепление позволяет, таким образом, более равномерно нагрузить различные слои ствола, заставить более производительно работать наружный слой и этим уменьшить наружные размеры ствола не в ущерб прочности.

У стволов стрелкового оружия скрепление находит применение обычно в казенной части, что зачастую, кроме прочности, дает производственно-экономические выгоды. Применение, например, скрепляющих муфт у стволов противотанкового ружья

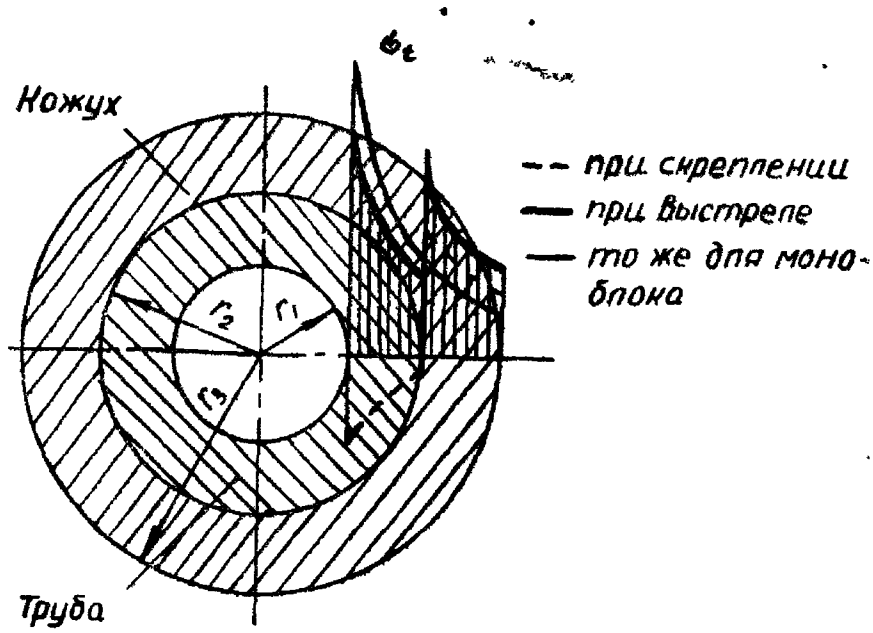

Рис. 175. Напряжения в двухслойном скрепленном стволе.

Дегтярева (ПТРД) и крупнокалиберного пулемета Владимирова (КПВ) позволило значительно уменьшить поперечные размеры ствольных заготовок.

Для расчета скрепленных стволов на прочность необходимо предварительно определить некоторые характеристики скрепления.

Напряжение на внутренней поверхности трубы при скреплении

При скреплении ствола на наружной поверхности трубы и на внутренней поверхности кожуха возникает давление P_2', как следствие натяга, общее для обоих слоев. Для трубы это будет наружное сжимающее давление, а для кожуха — внутреннее растягивающее давление. Этому давлению соответствует определенное напряжение на внутренней поверхности трубы.

Для случая отсутствия осевого напряжения ранее было получено следующее выражение для приведенного напряжения по четвертой теории прочности:

$$\sigma = \sqrt{3\frac{c_2^2}{r^4} + c_1^2},$$

где $c_1 = \frac{P_1 r_1^2 - P_2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$ и $c_2 = \frac{(P_1 - P_2) r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$.

Так как $P_1 = 0$; $P_2 = P_2'$, то

$$c_1 = -\frac{P_2' r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \text{ и } c_2 = -\frac{P_2' r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Подставив значения c_1 и c_2 в выражение для напряжения, приняв $r = r_1$, получим

$$\sigma = P_2' \frac{2r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Примем для этого напряжения свое обозначение

$$T_1 = P_2' \frac{2r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}. \qquad (137)$$

Величина натяга при скреплении труб

При расчете скрепленных стволов обычно требуется определить натяг посадки кожуха на трубку S, необходимый для получения заданной величины напряжения T_1. Этим обусловлена необходимость установить связь этих величин.

Приняв внутренний радиус кожуха r_{22} и наружный радиус трубы r_{21} (рис. 176) равными радиусу поверхности скрепления r_2, т. е.

$$\frac{r_{22}}{r_2} = \frac{r_{21}}{r_2} = 1,$$

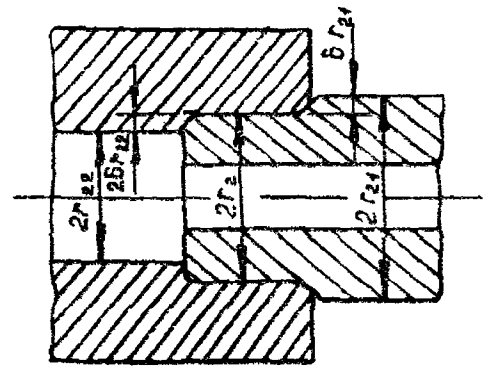

Рис. 176. Схема скрепления ствола.

относительный натяг при скреплении S можно принять равным сумме величин тангенциальных деформаций внутренней поверхности кожуха и наружной поверхности трубы

$$S = \varepsilon_{t22} - \varepsilon_{t21}. \qquad (138)$$

Деформация внутренней поверхности кожуха при $\sigma_z = 0$, по аналогии с выражением (121),

$$E\varepsilon'_{t22} = \frac{2}{3} P'_2 \frac{2r_3^2 + r_2^2}{r_3^2 - r_2^2}.$$

Деформация наружной поверхности трубы при $\sigma_z = 0$

$$E\varepsilon'_{t21} = \frac{2}{3} c_{11} + \frac{4}{3} \frac{c_{21}}{r_2^2},$$

$$c_{11} = \frac{-P'_2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

и

$$c_{21} = \frac{-P'_2 r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2},$$

поэтому

$$E\varepsilon'_{t21} = -\frac{2}{3} P'_2 \frac{r_2^2 + 2r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Подставляя выражения для ε'_{t22} и ε'_{t21} в выражение (138), получаем

$$ES = \frac{2}{3} P'_2 \left(\frac{2r_3^2 + r_2^2}{r_3^2 - r_2^2} + \frac{r_2^2 + 2r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \right)$$

или после простых преобразований

$$ES = P'_2 \frac{2r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{r_3^2 - r_1^2}{r_3^2 - r_2^2}.$$

По выражению (137)

$$P'_2 \frac{2r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} = T_1,$$

поэтому

$$ES = T_1 \frac{r_3^2 - r_1^2}{r_3^2 - r_2^2}. \qquad (139)$$

В артиллерийской практике применяются величины натяга $S \leqslant 0{,}002$. Верхний предел натяга приходится ограничивать, чтобы не требовалось нагревать кожух до температуры свыше 450° (во избежание структурных изменений в металле) и чтобы осуществить свободное одевание нагретого кожуха на трубу.

Учитывая, что величины S и T_1 практически будут различными в зависимости от точности осуществления размеров r_{21} и

r_{22} при расчете прочности скрепленных стволов необходимо пользоваться величинами S_{min} и S_{max}, соответствующими крайним предельным размерам поверхностей сопряжения трубы и кожуха.

Давления в скрепленном стволе при выстреле

При расчете скрепленного ствола на прочность требуется знать, как распределяется давление по толщине стенок и какого значения оно достигает на поверхности сопряжения трубы и кожуха.

Существовавшее при скреплении давление P_2' на поверхности сопряжения слоев изменится при выстреле до величины P_2, т. е. возрастет на величину $P_2'' = P_2 - P_2'$, которую называют дополнительным давлением и определяют из равенства деформаций наружной поверхности трубы и внутренней поверхности кожуха.

Для случая $\sigma_z = 0$ имели такое выражение:

$$E\varepsilon''_{t2} = \frac{2}{3} c_1 + \frac{4}{3} \cdot \frac{c_2}{r_2^2}.$$

Для трубы имеем

$$c_{11} = \frac{P_1 r_1^2 - P_2'' r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

и

$$c_{21} = \frac{(P_1 - P_2'') r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2},$$

поэтому

$$E\varepsilon''_{t21} = P_1 \frac{2r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{2}{3} P_2'' \frac{r_2^2 + 2r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}. \quad (140)$$

Для кожуха

$$E\varepsilon''_{t22} = \frac{2}{3} P_2'' \frac{2r_3^2 + r_2^2}{r_3^2 - r_2^2}. \quad (141)$$

Приравняв правые части равенств (140 и 141), получим

$$P_2'' = P_1 \frac{r_1^2 (r_3^2 - r_2^2)}{r_2^2 (r_3^2 - r_1^2)}. \quad (142)$$

Дополнительное давление распределяется по толщине стенки скрепленного ствола так же, как и давление в моноблоке. На самом деле, возьмем моноблок с размерами r_1 и r_3 и определим давление в слое r_2:

$$P_2 = -\sigma_{r2} = -c_1 + \frac{c_2}{r_2^2}.$$

Но в этом случае $P_1 \geqslant 0$, $P_3 = 0$,

$$c_1 = \frac{P_1 r_1^2}{r_3^2 - r_1^2}$$

и

$$c_2 = \frac{P_1 r_1^2 r_3^2}{r_3^2 - r_1^2}.$$

Подставляя c_1 и c_2 в выражение для P_2, получаем

$$P_2 = P_1 \frac{r_1^2 (r_3^2 - r_2^2)}{r_2^2 (r_3^2 - r_1^2)}.$$

Указанное свойство дополнительного давления широко используется при аналитическом и графическом расчете скрепленных стволов.

Упругое сопротивление скрепленной трубы

Под упругим сопротивлением понимается то давление внутри трубы, которое доводит ее металл до предела текучести.

По четвертой теории прочности ранее имели выражение (134), которое для внутренней поверхности трубы имеет вид:

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{3}\, \frac{c_{21}}{r_1^2}.$$

Учитывая выражение (109) для c_2, получим

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{3}\, \frac{(P_1 - P_2) r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Но

$$P_2 = P_2' + P_2'',$$

поэтому

$$\frac{\sigma_1}{m_1 \sqrt{3}} = P_1 \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} - P_2' \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} - P_2'' \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Учитывая полученные ранее выражения (137) и (142), имеем

$$\frac{\sigma_1}{m_1 \sqrt{3}} + \frac{T_1}{2} = P_1 \left[1 - \frac{r_1^2 (r_3^2 - r_2^2)}{r_2^2 (r_3^2 - r_1^2)} \right] \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Переписав это равенство относительно давления и перейдя к пределу текучести металла, получаем искомое упругое сопротивление скрепленной трубы

$$\overline{P}_1 = \left(\frac{\sigma_{s1}}{m_1 \sqrt{3}} + \frac{T_1}{2} \right) \frac{r_3^2 - r_1^2}{r_3^2}, \qquad (143)$$

Для моноблока таких же размеров согласно выражению (130) имели бы

$$P_1 = \frac{\delta_s}{m\sqrt{3}} \cdot \frac{r_3^2 - r_1^2}{r_3^2},$$

следовательно, скрепление трубы дает тот же эффект в отношении прочности, что и увеличение предела текучести ее металла на величину $\frac{m_1\sqrt{3}}{2} T_1$. При одних и тех же размерах имеем большее сопротивление (прочность) скрепленной трубы в сравнении с нескрепленной (моноблоком).

Эффект скрепления определяется величиной T_1. При $T_1 = 0$ скрепление отсутствует. В практике скрепления труб величины напряжения на внутренней поверхности трубы при скреплении T_1 допускают иногда до $^3/_4 \sigma_{s1}$, что равносильно увеличению предела текучести металла и, следовательно, упругого сопротивления трубы до 65%, т. е. более чем в полтора раза.

Величина коэффициента m_1, учитывающего влияние осевой силы в скрепленной трубе, определяется следующим образом. Если в выражение (125) для приведенного напряжения по четвертой теории прочности подставить выражения (106), (107) и (110) для напряжений, получим

$$\sigma = \sqrt{3}\frac{c_2}{r^2}, \qquad (144)$$

а если принять $\sigma_z = 0$, то

$$\sigma = \sqrt{3\frac{c_2^2}{r^4} + c_1^2}. \qquad (145)$$

Приведем выражение (145) к выражению (144), учтя разницу коэффициентом m,

$$\sqrt{3\frac{c_2^2}{r^4} + c_1^2} = m\sqrt{3}\frac{c_2}{r^2}.$$

Отсюда

$$m = \sqrt{1 + \frac{1}{3}\frac{c_1^2}{c_2^2} r^4}. \qquad (146)$$

Согласно выражениям (108) и (109) имеем

$$c_1 = \frac{P_1 - P_2 a_1^2}{a_1^2 - 1}, \quad c_2 = \frac{(P_1 - P_2) r_2^2}{a_1^2 - 1}, \quad a_1 = \frac{r_2}{r_1}.$$

Приняв для внутренней поверхности трубы $r = r_1$, выражение (146) приводится к такому виду:

$$m_1 = \sqrt{1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{(P_1 - P_2 a_1^2)^2}{(P_1 - P_2)^2 a_1^4}},$$

а введя еще обозначение $b = \frac{P_2}{P_1}$, получим

$$m_1 = \sqrt{1 + \frac{1}{3}\left[\frac{1 - b a_1^2}{(1-b) a_1^2}\right]^2}. \qquad (147)$$

При отсутствии скрепления ($b = 0$) выражение (147) принимает вид формулы (131), полученной для моноблока. В данном случае величина m_1 зависит не только от соотношения размеров трубы a_1, но и от соотношения наружного и внутреннего давления b. Величины m_1, полученные по выражению (147) для различных соотношений a_1 и b, приводятся в табл. 56, которой и можно пользоваться при расчетах. Левый столбец таблицы ($b = 0$) относится к моноблоку. Заметим, что для наиболее употребляемых на практике соотношений a_1 и b величины m_1 весьма близки к единице.

Предельное упругое сопротивление скрепленного ствола

Рассматривая упругое сопротивление скрепленной трубы, мы отвлекались от прочности кожуха. Под предельным упругим сопротивлением скрепленного ствола понимается давление в его канале, которое одновременно доводит металл трубы и кожуха до пределов текучести σ_{s1} и σ_{s2}.

Принимая за основу расчета четвертую теорию прочности, применим выражение (144) для внутренней поверхности трубы при $r = r_1$

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{3}\, \frac{c_{21}}{r_1^2}.$$

Учитывая, что

$$c_{21} = \frac{(P_1 - P_2) r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2},$$

получим

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{3}\, (P_1 - P_2) \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

или

$$P_1 = \frac{\sigma_1}{m_1 \sqrt{3}} \cdot \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2} + P_2. \qquad (148)$$

Для кожуха при $r = r_2$ имеем

$$\sigma_2 = m_2 \sqrt{3}\, \frac{c_{22}}{r_2^2}.$$

Учитывая, что

$$c_{22} = \frac{P_2 r_2^2 r_3^2}{r_3^2 - r_2^2},$$

получаем

$$\sigma_2 = m_2 \sqrt{3}\, P_2 \frac{r_3^2}{r_3^2 - r_2^2},$$

откуда

$$P_2 = \frac{\sigma_2}{m_2 \sqrt{3}} \cdot \frac{r_3^2 - r_2^2}{r_3^2}. \qquad (149)$$

Таблица 56

Значения коэффициента m_1

a_1 \ b	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1,00	1,155	1,155	1,155	1,155	1,155	1,155	1,155	1,155
1,05	1,129	1,126	1,124	1,118	1,113	1,105	1,094	1,076
1,10	1,108	1,103	1,098	1,090	1,081	1,069	1,052	1,029
1,15	1,091	1,085	1,078	1,068	1,057	1,043	1,025	1,006
1,20	1,077	1,070	1,062	1,052	1,039	1,025	1,009	1,000
1,25	1,066	1,058	1,049	1,038	1,026	1,013	1,002	1,007
1,30	1,057	1,049	1,039	1,029	1,017	1,006	1,000	1,022
1,35	1,049	1,041	1,031	1,021	1,010	1,002	1,003	1,042
1,40	1,042	1,034	1,025	1,015	1,006	1,000	1,008	1,065
1,45	1,037	1,029	1,020	1,010	1,003	1,000	1,016	1,089
1,50	1,032	1,024	1,015	1,007	1,001	1,002	1,025	1,114
1,55	1,028	1,020	1,012	1,005	1,000	1,005	1,035	1,139
1,60	1,025	1,017	1,010	1,003	1,000	1,008	1,045	1,164
1,65	1,022	1,015	1,007	1,002	1,001	1,012	1,055	1,187
1,70	1,020	1,012	1,006	1,001	1,001	1,016	1,065	1,210
1,75	1,018	1,010	1,004	1,000	1,002	1,020	1,075	1,232
1,80	1,016	1,009	1,003	1,000	1,004	1,024	1,085	1,252
1,85	1,014	1,008	1,002	1,000	1,005	1,028	1,094	1,271
1,90	1,013	1,006	1,002	1,000	1,007	1,033	1,103	1,289
1,95	1,012	1,006	1,001	1,000	1,009	1,037	1,112	1,307
2,00	1,010	1,005	1,001	1,010	1,011	1,041	1,120	1,323

Подставляя равенство (149) в выражение (148) и переходя к пределам текучести металла, получим искомое предельное упругое сопротивление скрепленного ствола

$$\bar{P}_1 = \frac{\sigma_{s1}}{m_1 \sqrt{3}} \cdot \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2} + \frac{\sigma_{s2}}{m_2 \sqrt{3}} \cdot \frac{r_3^2 - r_2^2}{r_3^2}. \qquad (150)$$

В первом приближении можно брать $m_1 = m_2 = 1$, а затем уточнить их значения по табл. 56.

Формула (150) дает представление о наибольшем сопротивлении скрепленного ствола. Это есть наивыгоднейший вариант решения задачи при заданном соотношении размеров слоев. Практически этого можно достигнуть для какого-либо одного сечения. Обычно предельное упругое сопротивление стремятся обеспечить в наиболее слабом сечении, каким является в стрелковом оружии казенный срез ствола.

Порядок аналитического расчета скрепленного ствола

Расчет ствола на прочность целесообразно начинать с казенного среза. Заданными обычно являются величины r_1, P_1, σ_{s1}, σ_{s2}, а требуется определить r_2, r_3, S.

Такая задача может быть решена двумя способами. Порядок расчета этими двумя способами рассмотрим на примере при следующих данных:

$$r_1 = 6 \text{ мм};$$

$$P_1 = 40 \text{ кГ/мм}^2;$$

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = 55 \text{ кГ/мм}^2.$$

Первый вариант расчета. Приняв запас прочности для казенного среза $n = 0{,}9$, определяем расчетное давление

$$\overline{P}_1 = nP_1 = 0{,}9 \cdot 40 = 36 \text{ кГ/мм}^2.$$

Зададимся напряжением на внутренней поверхности трубы при скреплении $T_1 = 20 \text{ кГ/мм}^2$.

Воспользовавшись формулой (143) для упругого сопротивления скрепленной трубы

$$\overline{P}_1 = \left(\frac{\sigma_{s1}}{m_1\sqrt{3}} + \frac{T_1}{2}\right)\frac{r_3^2 - r_1^2}{r_3^2},$$

определим r_3, приняв $m_1 = 1$ и подставив известные величины:

$$36 = \left(\frac{55}{\sqrt{3}} + \frac{20}{2}\right)\frac{r_3^2 - 6^2}{r_3^2} = 41{,}7\,\frac{r_3^2 - 36}{r_3^2};$$

$$r_3^2 = \frac{41{,}7 \cdot 36}{41{,}7 - 36} = \frac{41{,}7 \cdot 36}{5{,}7} = 263;$$

$$r_3 = \sqrt{263} = 16{,}2 \text{ мм}.$$

Зададимся величиной r_2, взяв ее как среднее геометрическое между r_1 и r_3:

$$r_2 = \sqrt{r_1 \cdot r_3} = \sqrt{6 \cdot 16{,}2} = \sqrt{97} = 9{,}8 \text{ мм}.$$

Примем $r_2 = 10$. При этом толщина стенки трубы будет 4 *мм*, а кожуха 6,2 *мм*.

Определим давление P_2 на поверхности сопряжения слоев, пользуясь формулами (137) и (142),

$$P_2' = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2r_2^2} T_1 = \frac{a_1^2 - 1}{2a_1^2} T_1;$$

$$a_1 = \frac{10}{6} = 1{,}67; \quad a_1^2 = 2{,}78;$$

$$P_2' = \frac{2{,}78 - 1}{2 \cdot 2{,}78} 20 = \frac{1{,}78}{2{,}78} 10 = 6{,}4 \ кГ/мм^2;$$

$$P_2'' = \overline{P}_1 \frac{r_1^2 (r_3^2 - r_2^2)}{r_2^2 (r_3^2 - r_1^2)} = \overline{P}_1 \frac{a_2^2 - 1}{a^2 - 1};$$

$$a_2 = \frac{16{,}2}{10} = 1{,}62; \quad a_2^2 = 2{,}62;$$

$$a = \frac{16{,}2}{6} = 2{,}7; \quad a^2 = 7{,}2;$$

$$P_2'' = 36 \frac{2{,}62 - 1}{7{,}2 - 1} = 36 \frac{1{,}62}{6{,}2} = 9{,}4 \ кГ/мм^2;$$

$$P_2 = P_2' + P_2'' = 6{,}4 + 9{,}4 = 15{,}8 \ кГ/мм^2.$$

Определим необходимый предел текучести металла кожуха σ_{s2}, пользуясь формулой (149),

$$\sigma_{s2}' = m_2 \sqrt{3} P_2 \frac{r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} = m_2 \sqrt{3} P_2 \frac{a_2^2}{a_2^2 - 1};$$

$$a_2 = 1{,}62; \quad a_2^2 = 2{,}62;$$

по табл. 56 $m_2 = 1{,}025$;

$$\sigma_{s2}' = 1{,}025 \cdot 1{,}73 \cdot 15{,}8 \frac{2{,}62}{1{,}62} = 45{,}3 \ кГ/мм^2.$$

Необходимый предел текучести металла кожуха (45,3 $кГ/мм^2$) меньше действительного (55 $кГ/мм^2$), следовательно, прочность кожуха обеспечена.

Определим необходимый натяг, пользуясь формулой (139),

$$S = \frac{T_1}{E} \cdot \frac{r_3^2 - r_1^2}{r_3^2 - r_2^2} = \frac{T_1}{E} \cdot \frac{a^2 - 1}{a^2 - a_1^2};$$

$$S = \frac{20}{2{,}1 \cdot 10^4} \cdot \frac{7{,}2 - 1}{7{,}2 - 2{,}78} = \frac{2 \cdot 6{,}2}{2{,}1 \cdot 4{,}42} 10^{-3} = 0{,}00133.$$

Натяг не превышает максимально допустимого значения (0,002), следовательно, рассчитанный вариант скрепления удовлетворяет условиям прочности и скрепления.

Второй вариант расчета. Зададимся $r_2 = 10$ *мм* (для наглядности берем таким же, как в предыдущем примере).

Определим r_3, пользуясь формулой (150) для предельного упругого сопротивления

$$\bar{P}_1 = \frac{\sigma_{s1}}{m_1\sqrt{3}} \cdot \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2} + \frac{\sigma_{s2}}{m_2\sqrt{3}} \cdot \frac{r_3^2 - r_2^2}{r_2^2}$$

и приняв в первом приближении $m_1 = m_2 = 1$.

$$36 = \frac{55}{1{,}73} \cdot \frac{1{,}78}{2{,}78} + \frac{55}{1{,}73} \cdot \frac{r_3^2 - 10^2}{r_3^2} =$$

$$= 20{,}3 + 31{,}7\,\frac{r_3^2 - 100}{r_3^2};$$

$$r_3^2 = \frac{31{,}7 \cdot 100}{31{,}7 - 15{,}7} = \frac{3170}{16} = 198;$$

$$r_3 = \sqrt{198} = 14 \text{ мм}.$$

По табл. 56 для $a_2 = \frac{14}{10} = 1{,}4$ имеем $m_2 = 1{,}042$ (величина m_1 крайне мало отличается от единицы).

При этом вместо множителя 31,7 получим множитель 30,4, что дает $r_3^2 = 207$ и $r_3 = 14{,}4$ *мм*. Как видно, уточнение r_3 (0,4 *мм*) практически ничтожно.

Определим T_1, пользуясь формулой (143) для упругого сопротивления трубы,

$$T_1 = 2\left(\bar{P}_1 \frac{r_3^2}{r_3^2 - r_1^2} - \frac{\sigma_{s1}}{m_1\sqrt{3}}\right) = 2\left(\bar{P}_1 \frac{a^2}{a^2 - 1} - \frac{\sigma_{s1}}{m_1\sqrt{3}}\right);$$

$$a = \frac{14{,}4}{6} = 2{,}4; \quad a^2 = 5{,}76;$$

$$T_1 = 2\left(36\,\frac{5{,}76}{4{,}76} - 31{,}7\right) = 2\,(43{,}6 - 31{,}7) = 23{,}8 \text{ кГ/мм}^2.$$

Определим натяг по формуле

$$S = \frac{T_1}{E} \cdot \frac{a^2 - 1}{a^2 - a_1^2} = \frac{2{,}38}{2{,}1 \cdot 10^4} \cdot \frac{4{,}76}{2{,}98} = 0{,}00181.$$

И в данном случае натяг не превосходит допустимой величины.

При расчете по второму варианту диаметр ствола получился на 3,6 *мм* меньше, чем при расчете по первому варианту. Это объясняется более эффективным скреплением (больше натяг S, напряжение T_1 и большее нагружение кожуха).

Расчет ствола в других сечениях сводится обычно к проверке на прочность и определению упругого сопротивления, что выгоднее делать графическим способом.

Длина участка, на котором скрепляется ствол (длина кожуха), определяется прочностью трубы (без кожуха). Скрепление стволов осуществляется по цилиндрическим поверхностям сопряжения, и задача сводится к определению давления, которое может выдержать труба самостоятельно.

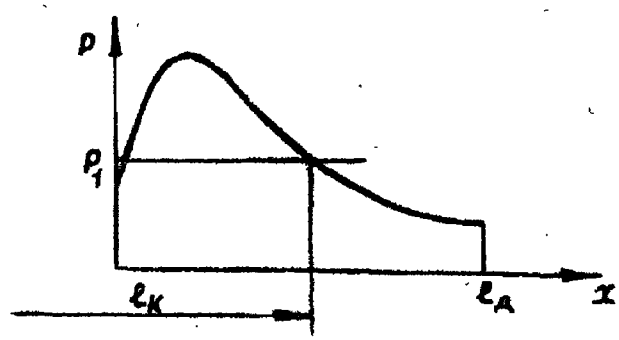

Рис. 177. Определение длины кожуха.

Оно определяется по формуле

$$\overline{P}_1 = \frac{\sigma_{s1}}{m_1\sqrt{3}} \cdot \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2}.$$

Задавшись запасом прочности n, получаем давление пороховых газов $P_1 = \frac{\overline{P}_1}{n}$. Найдя это давление на кривой $P(x)$ (рис. 177), можно установить длину кожуха $l_к$.

Особенности расчета скрепленного ствола по второй теории прочности

Полученные ранее формулы для напряжения T_1 на внутренней поверхности трубы, дополнительного давления P_2'' на поверхности сопряжения слоев при выстреле и натяга S при скреплении труб (стволов) применимы в полной мере при расчете скрепленных стволов и по второй теории прочности. Формулы для упругого сопротивления скрепленной трубы и предельного упругого сопротивления скрепленного ствола применительно ко второй теории прочности имеют иной вид, причем различный в случае наибольшей тангенциальной деформации трубы и в случае наибольшей радиальной деформации.

Наиболее распространенным случаем на практике является случай наибольшей тангенциальной деформации. Признаком этого случая является соотношение

$$\overline{P}_1 < \frac{3}{4}\sigma_{s1}.$$

Формулы для упругого сопротивления скрепленной трубы по второй теории прочности имеют следующий вид:

$$\overline{P}_1 = \frac{3}{2}(\sigma_{s1} + T_1)\frac{r_3^2 - r_1^2}{2r_3^2 + r_1^2}$$

в случае наибольшей тангенциальной деформации и

$$\overline{P}_1 = \frac{3}{2}\left(\sigma_{s1} + \frac{T_1}{3}\right)\frac{r_3^2 - r_1^2}{2r_3^2 - r_1^2}$$

в случае наибольшей радиальной деформации ($P_1 > \frac{3}{4}\sigma_{s1}$).

Формулы для предельного упругого сопротивления скрепленного ствола имеют вид:

$$\overline{P}_1 = \frac{3}{2}\sigma_{s1}\frac{r_2^2 - r_1^2}{2r_2^2 + r_1^2} + \frac{3}{2}\sigma_{s2}\frac{3r_2^2(r_3^2 - r_2^2)}{(2r_2^2 + r_1^2)(2r_3^2 + r_2^2)}$$

в случае наибольшей тангенциальной деформации и

$$\overline{P}_1 = \frac{3}{2}\sigma_{s1}\frac{r_2^2 - r_1^2}{2r_2^2 - r_1^2} + \frac{3}{2}\sigma_{s2}\frac{r_2^2(r_3^2 - r_2^2)}{(2r_2^2 - r_1^2)(2r_3^2 + r_2^2)}$$

в случае наибольшей радиальной деформации.

Порядок аналитического расчета скрепленных стволов по второй теории прочности аналогичен порядку, указанному применительно к четвертой теории прочности. При этом берутся, естественно, свои запасы прочности. Для казенного среза, например, запас прочности должен быть не менее $n = 1{,}1$.

Все приведенные выше соображения по расчету скрепленных стволов основаны на недопущении пластических деформаций в слоях как при скреплении, так и при выстреле. В практике скрепления стволов стрелкового оружия имеют место случаи отступления от этих условий—скрепление с пластической деформацией (автоскреплением) кожуха. Это позволяет снизить точность сопряжения слоев при скреплении и стоимость обработки ствола, а также увеличить жесткость стенок ствола и уменьшить упругую тангенциальную деформацию патронника при выстреле, что благоприятно отражается на экстракции гильзы. Примером такого скрепления могут служить стволы 14,5-*мм* противотанкового ружья Дегтярева обр. 1941 г. (ПТРД) и крупнокалиберного пулемета Владимирова (КПВ).

Графический способ расчета скрепленного ствола

В основу графического расчета скрепленных стволов положен тот же принцип графического изображения напряжений, который использовался при расчете стволов моноблоков и был представлен выражениями (135) и (136):

$$\frac{\sigma}{m\sqrt{3}} = \frac{c_2}{h} x;$$

$$P = \frac{c_2}{h} x - c_1.$$

Особенности графического расчета скрепленных стволов рассмотрим на решении следующей задачи.

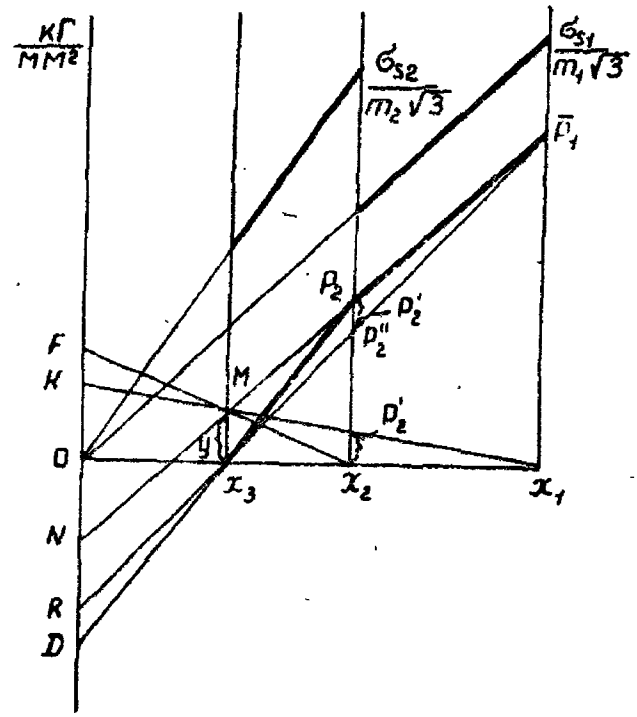

Рис. 178. Графический расчет скрепленного ствола.

Дано: r_1, r_2, r_3, σ_{s1}, σ_{s2}, определить: P_1, P_2, P_2', P_2'', T_1, S.

Порядок решения такой задачи следующий.

1. Сообразуясь с размерами листа бумаги, откладывают на оси абсцисс величины x_1; $x_2 = \frac{r_1^2}{r_2^2} x_1$; $x_3 = \frac{r_1^2}{r_3^2} x_1 = \frac{r_2^2}{r_3^2} x_2$ (рис. 178).

2. Из точек $(x_1, 0)$ и $(x_2, 0)$ откладывают ординаты, означающие в определенном масштабе соответственно величины $\frac{\sigma_{s1}}{\sqrt{3}}$, $\frac{\sigma_{s2}}{\sqrt{3}}$.

3. Совершенно таким же способом, как находилось ранее сопротивление моноблока, определяется давление P_2, доводящее металл кожуха до предела текучести σ_{s2}.

4. Аналогичным образом определяется $\overline{P}_1$, с той лишь разницей, что учитывается наличие давления на наружной поверхности трубы P_2 (линия давлений в трубе проводится через точку (x_2, P_2).

Теперь имеется возможность определить величину m_1 (табл. 56) и уточнить значение P_1, повторив построение линии давлений с учетом значения m_1.

5. Пользуясь сделанным ранее выводом о том, что дополнительное давление распределяется в скрепленном стволе так же, как давление в моноблоке, определяют значение P_2'', для чего проводится прямая через точки $(x_3, 0)$ и $(x_1, \overline{P}_1)$. Давление скрепления определяется как разность $P_2' = P_2 - P_2''$.

6. Чтобы определить графически величину T_1, необходимо иметь в виду, с одной стороны, что $\frac{T_1}{2} = |c_1'|$, так как для скрепления

$$c_1' = -P_2' \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

и

$$T_1 = P_2' \frac{2r_2^2}{r_2^2 - r_1^2},$$

с другой стороны, что c_1' является начальной ординатой линии давлений при скреплении, так как

$$P' = \frac{c_2'}{r^2} - c_1' = \frac{c_2'}{h} x - c_1'.$$

Зная, кроме того, что давление на внутренней поверхности трубы при скреплении равно нулю, можно провести через точки $(x_1, 0)$ и (x_2, P_2') линию давлений при скреплении. Тогда отрезок $0K$ и будет означать c_1'. Из построения видно также, что этот отрезок равен NR, поэтому имеем

$$\frac{T_1}{2} = 0K = NR. \qquad (151)$$

7. Натяг скрепления может быть определен графически как

$$\frac{ES}{2} = 0F = ND, \qquad (152)$$

что доказывается следующим образом.

Ранее было получено выражение (139)

$$ES = T_1 \frac{r_3^2 - r_1^2}{r_3^2 - r_2^2}.$$

Приняв обозначение $r^2=\frac{h}{x}$, получаем

$$\frac{ES}{2}=\frac{T_1}{2}\cdot\frac{x_2(x_1-x_3)}{x_1(x_2-x_3)}. \qquad (153)$$

Из подобия треугольников $0Kx_1$ и x_3Mx_1 имеем

$$\frac{x_1-x_3}{x_1}=\frac{y}{0K}=\frac{2}{T_1}y, \text{ откуда } \frac{T_1}{2}=y\frac{x_1}{x_1-x_3}.$$

Подставив $\frac{T_1}{2}$ в выражение (153), получаем

$$\frac{ES}{2}=y\frac{x_2}{x_2-x_3}. \qquad (154)$$

Из подобия же треугольников $0Fx_2$ и x_3Mx_2

$$\frac{0F}{y}=\frac{x_2}{x_2-x_3}$$

или

$$0F=y\frac{x_2}{x_2-x_3}. \qquad (155)$$

Из сравнения выражений (154) и (155) и следует равенство (152).

При расчете скрепленных стволов практически приходится иметь дело с двумя характерными задачами: определять наивыгоднейшие условия скрепления в наиболее слабом сечении ствола и проверять ствол на прочность при заданных условиях скрепления.

Первую задачу можно сформулировать так:
дано r_1, σ_{s1}, σ_{s2}, P_1, а требуется определить r_2, r_3, S. Она решается следующим образом (рис. 179).

1. Отложить на оси абсцисс произвольный отрезок x_1, а из его конца отложить вверх расчетное давление $\overline{P_1}=nP_1$, задавшись запасом прочности, и $\frac{\sigma_{s1}}{\sqrt{3}}$, приняв $m_1=1$.

2. На оси ординат отложить $\frac{\sigma_{s2}}{\sqrt{3}}$ и на этом уровне провести горизонтальную линию.

3. Задаться отрезком x_2 и провести через его конец вертикаль. Полученный отрезок ef означает $\frac{ES}{2}$.

4. Провести прямую oe и параллельно ей прямую κD, получим x_3. Полученный на оси ординат отрезок ND также означает $\frac{ES}{2}$.

5. Для отыскания наивыгоднейшего решения следует задаться другими значениями x_2, которым будут соответствовать другие значения x_3 и S. Те условия скрепления, которым соответ-

ствует наибольшее значение x_3 (наименьшее значение r_3), и являются наивыгоднейшими. Задача решается чисто графическим путем. Следует только учесть, что натяг не должен превосходить величины 0,002.

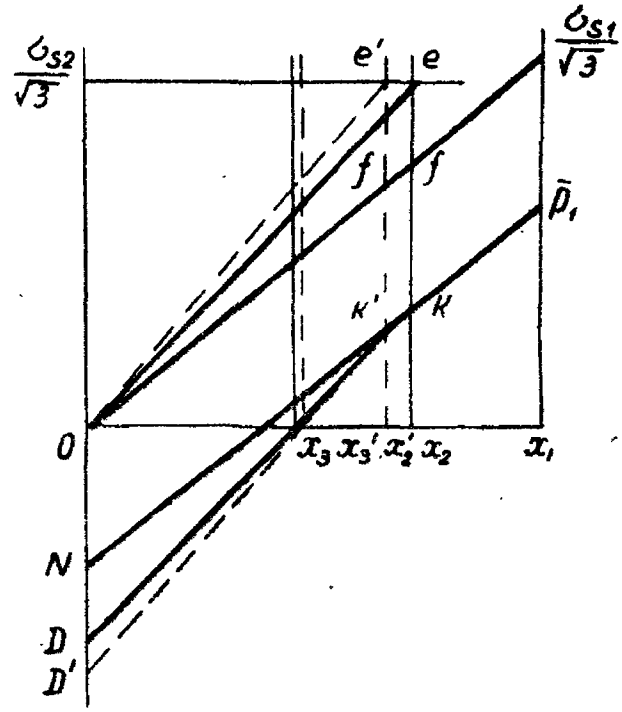

Рис. 179. Определение наивыгоднейших условий скрепления.

Имея теперь $\bar{P}_1$, P_2, r_1, $r_2 = \sqrt{\frac{x_1}{x_2}}\, r_1$ и $r_3 = \sqrt{\frac{x_1}{x_3}}\, r_1$, можно по табл. 56 определить значения m_1 и m_2 и уточнить величину r_3, округлив $r_2(x_2)$ до удобного размера и приняв полученное значение величины $\frac{ES}{2}$. Это можно сделать путем построения, показанного на рис. 180.

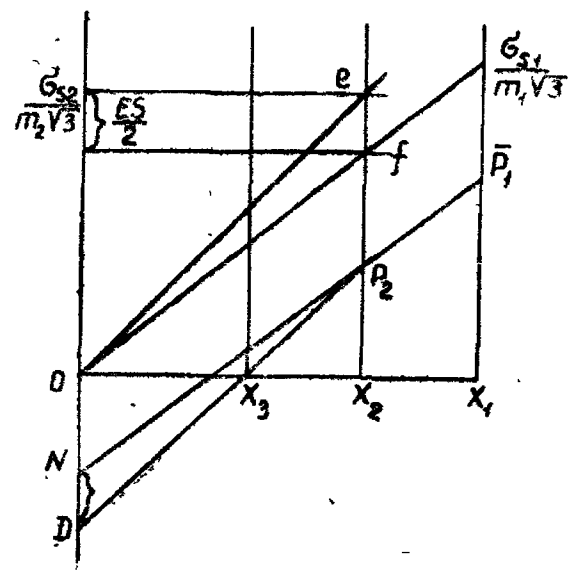

Рис. 180. Определение размеров трубы и кожуха.

Задача проверки прочности скрепленного ствола по заданным размерам (r_1, r_2, r_3), материалу (σ_{s1}, σ_{s2}) и натягу (S) сводится к определению упругого сопротивления и решается следующим образом (рис. 181).

Указанным ранее порядком откладываются на графике величины x_1, x_2, x_3, $\frac{\sigma_{s1}}{\sqrt{3}}$, $\frac{\sigma_{s2}}{\sqrt{3}}$, $0F=\frac{ES}{2}$ и проводятся линии через

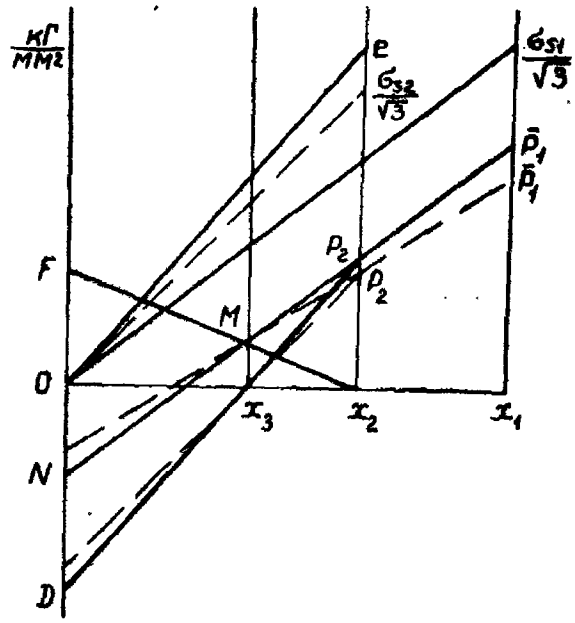

Рис. 181. Проверка прочности скрепленного ствола.

точки $(0, 0)$ и $\left(x_1, \frac{\sigma_{s1}}{\sqrt{3}}\right)$, $(0, F)$ и $(x_2, 0)$, (x_3, M) и $(x_1, \bar{P}_1)$.

Проведя через точку $(x_3, 0)$ прямую DP_2 и параллельно ей oe, получим точку e, которая по условию прочности кожуха не должна лежать выше $\frac{\sigma_{s2}}{\sqrt{3}}$. В противном случае давление $\bar{P}_1$, доводящее металл трубы до предела текучести, вызовет пластическую деформацию кожуха. Следовательно, надо определить другое значение $\bar{P}_1$, которое не выводило бы металл кожуха за предел текучести. Отыскание его показано на рис. 181 пунктирными линиями. Как и в предыдущих случаях, решение может быть уточнено с учетом значений m_1 и m_2, однако это уточнение обычно не дает существенной поправки к решению.

Особенности графического расчета скрепленного ствола по второй теории прочности

На рис. 182 показана общая картина распределения напряжений и деформаций в скрепленном стволе при наибольшей тангенциальной деформации. Это те же графики, что были получены для моноблока и показаны на рис. 172, только повторен-

ные для трубы и кожуха. Учитывая общую картину, рассмотрим особенности графических построений при расчете скрепленного ствола на решении задачи проверки прочности.

Дано: r_1, r_2, r_3, σ_{s1}, σ_{s2}, S, а требуется определить $\overline{P}_1$.

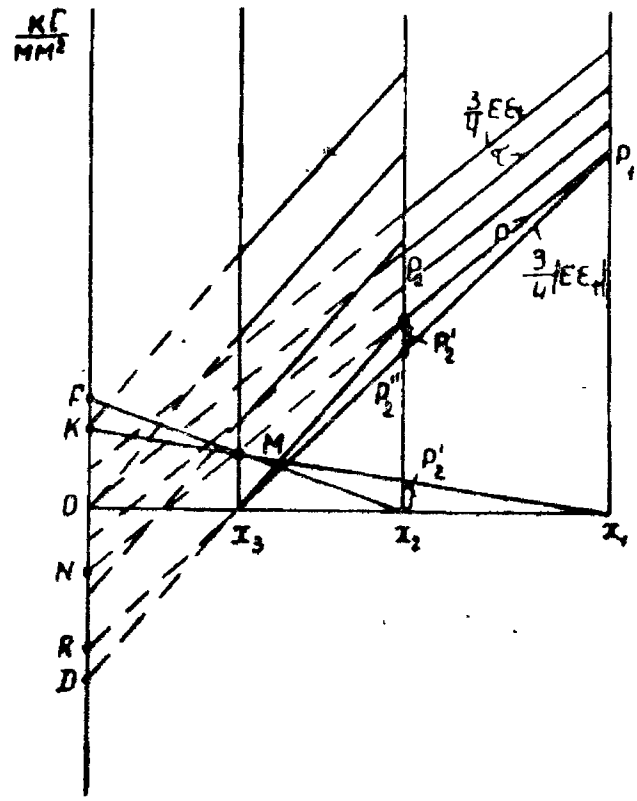

Рис. 182. Распределение напряжений и деформаций в скрепленном стволе.

Используя заданные величины, откладываем на графике (рис. 183) обычным способом x_1, x_2, x_3, $\frac{3}{4}\sigma_{s1}$, $\frac{3}{4}\sigma_{s2}$, $0F = \frac{ES}{2}$, получим точку M. Через эту точку должна пройти линия давлений в трубе. На этом основании соединяем точку M с точкой $\left(x_1, \frac{3}{4}\sigma_{s1}\right)$ и полученный отрезок делим на три равные части. Верхнюю точку деления соединяем с началом координат и параллельно полученной линии τ через точку M проводим линию давлений в трубе.

Полученное давление $\overline{P}_1$ доводит металл трубы до предела текучести. Чтобы оценить прочность кожуха, необходимо через точки $(x_3, 0)$ и (x_2, P_2) провести линию давлений в кожухе, отложить отрезок $0H$, равный половине отрезка $0D$, и из точки $(0,H)$ провести линию тангенциальных деформаций в кожухе параллельно линии давлений.

В рассматриваемом примере полученное напряжение на внутренней поверхности кожуха превосходит предел текучести металла, следовательно, сопротивление ствола в данном сечении лимитируется прочностью кожуха. Чтобы найти это сопротивление,

надо исходить из предельного нагружения кожуха, что и показано на рис. 183 пунктирными линиями. Новое значение (P_2), доводящее металл кожуха до предела текучести, находится как для моноблока. Через точки M и (x_2, P_2) проводится новая линия давлений в трубе, что и дает новое значение ($\bar{P}_1$). Оно, естественно, меньше ранее полученного давления, что свидетельствует о недогрузке трубы при полном нагружении кожуха.

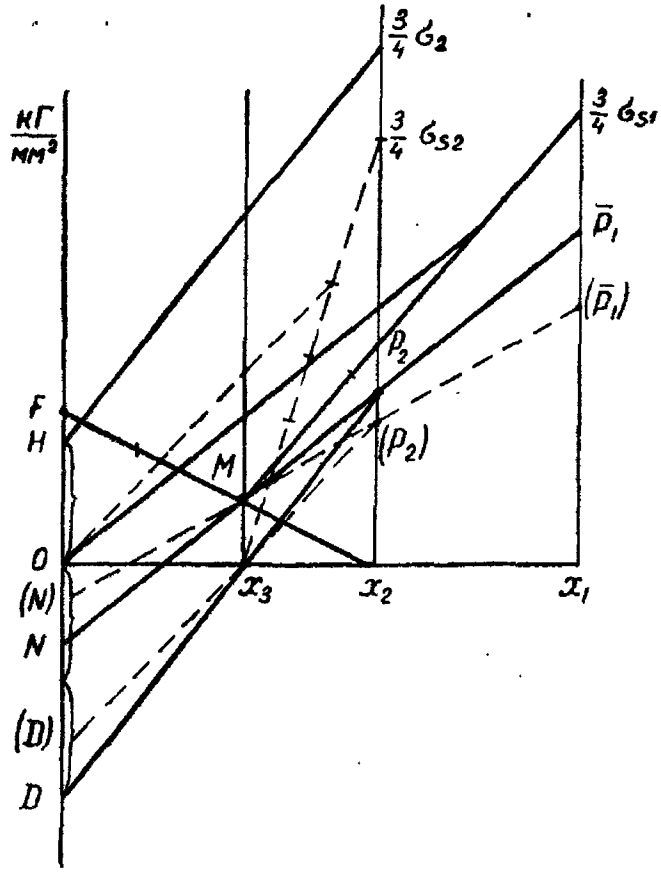

Рис. 183. Проверка прочности скрепленного ствола по второй теории прочности.

Расчетное давление $\bar{P}_1$ (сопротивление) можно сравнить с заданным давлением в трубе P_1 и определить запас прочности

$$n = \frac{\bar{P}_1}{P_1}.$$

Аналогичным образом решаются и другие задачи расчета скрепленных стволов по второй теории прочности. Если наибольшей деформацией в трубе окажется радиальная деформация, то линии, соответствующие напряжениям и деформациям трубы (рис. 182), расположатся в обратной последовательности, что и необходимо учитывать при графических построениях. Линия давлений будет располагаться сверху, затем линия радиальных деформаций, касательных напряжений и снизу линия тангенциальных деформаций.

§ 34. ЛЕЙНИРОВАНИЕ СТВОЛОВ

Лейнирование заключается в том, что ствол делается двухслойным, причем внутренний тонкостенный слой имеет обычно свободную посадку (свободный лейнер) в толстостенном наружном слое (оболочке), воспринимающем на себя основные нагрузки при выстреле.

Лейнирование стволов позволяет:

— сменять свободный лейнер и повысить этим живучесть ствола в целом, не прибегая к замене всего ствола с изношенными нарезами;

— применить высококачественную сталь для части ствола (свободного лейнера) и сталь более низкого качества для оболочки;

— восстановить изношенный ствол, расточив его канал и вставив свободный лейнер.

Особыми достоинствами лейнированные стволы обладают в артиллерии, где замена ствола требует зачастую заводского ремонта. В артиллерии они и получили некоторое применение. Попытки применить лейнирование стволов в стрелковом оружии не увенчались успехом из-за трудностей изготовления тонкостенного лейнера малого калибра и сопряжения его со стволом при высокой точности. Поэтому в стрелковом оружии экономически более выгодной оказывается замена ствола в сравнении с заменой лейнера. Однако может оказаться рациональным лейнирование стволов стрелкового оружия и малокалиберных автоматических пушек на коротком участке их длины, например, на участке наибольшего износа нарезов (с казенной части).

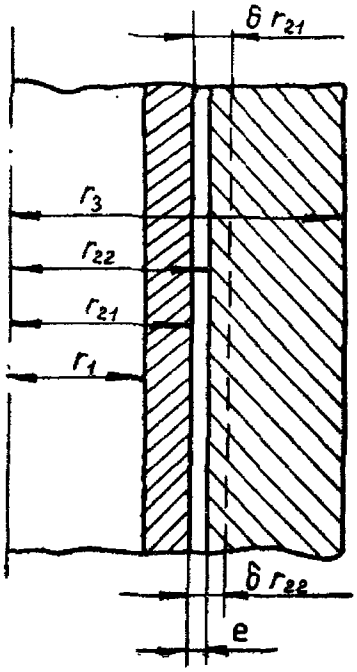

Рис. 184. Схема свободного лейнера.

Если сравнить свободный лейнер со скрепленной трубой, то конструктивная разница между ними состоит лишь в том, что скрепленная труба крепится в кожухе с натягом S, а лейнер вставляется в оболочку с зазором $\eta = \frac{e}{r_{21}} \approx \frac{e}{r_{22}}$ (рис. 184). Если представить зазор посадки лейнера в оболочке как отрицательный натяг, то к расчету свободного лейнера приложимы все формулы, применяемые при расчете скрепленной трубы. На этом основании лейнер можно рассчитывать точно так же, как скрепленную трубу, заменяя в расчетных формулах натяг отрицательным зазором, т. е.

$$S = -\eta.$$

По аналогии со скрепленным стволом рассчитывается лейнированный ствол и графическим способом, с той только разницей, что величину относительного зазора откладывают на графиках в направлении, обратном тому, в котором откладывается относительная величина натяга S при расчете скрепленных стволов.

На рис. 185 приводится взаимное расположение линий давления и напряжения, соответствующее предельному упругому сопротивлению лейнированного ствола по энергии формоизменения.

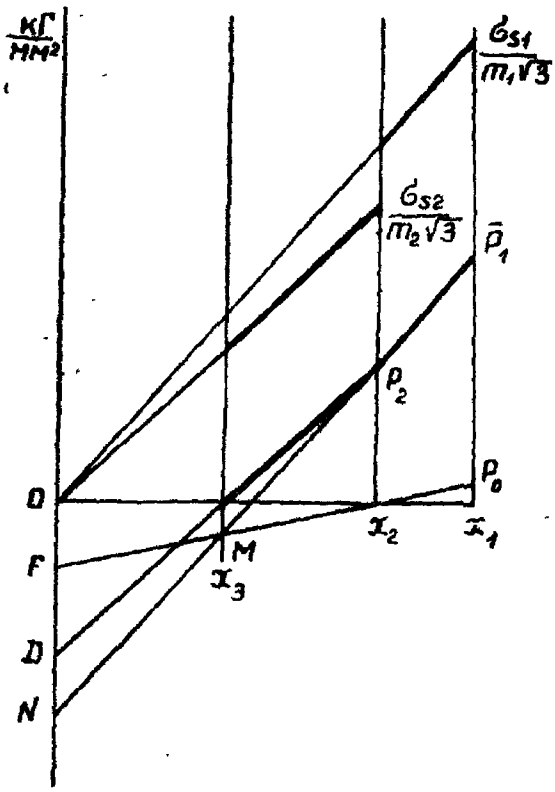

Рис. 185. Предельное упругое сопротивление лейнированного ствола.

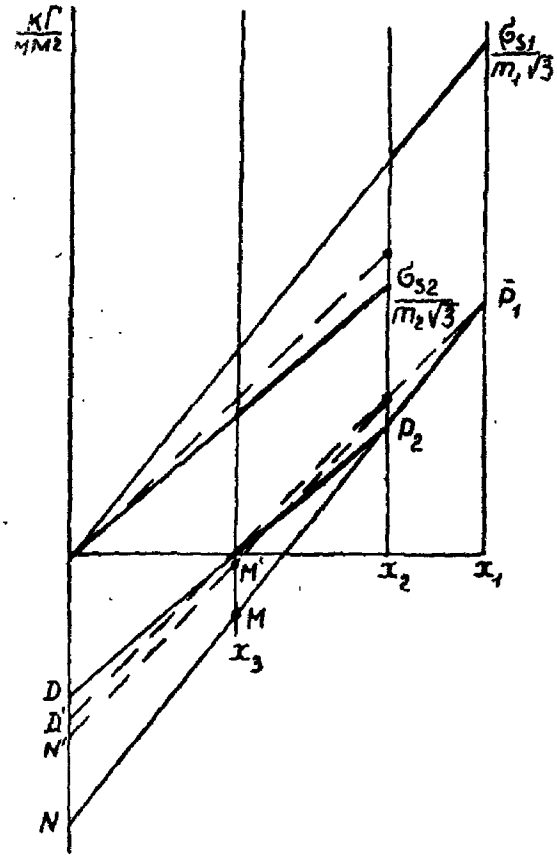

Рис. 186. Учет нагрева лейнера при графическом расчете лейнированного ствола.

При расчете лейнированных стволов приходится учитывать нагрев лейнера. С нагревом лейнера при стрельбе уменьшается зазор η, уменьшаются напряжения в стенках лейнера и увеличиваются напряжения в стенках оболочки. Увеличение нагружения оболочки вследствие нагрева лейнера можно предусмотреть заранее, учтя изменение зазора вследствие линейного расширения лейнера при стрельбе,

$$\eta' = \eta - \alpha t,$$

где α — коэффициент линейного расширения, равный для стали $12{,}0 \cdot 10^{-6}$;

t — разница в уровне средних температур лейнера и оболочки.

Дополнительные построения для этого случая приводятся на рис. 186 пунктирными линиями. Предел текучести материала оболочки должен быть, как видно из рисунка, несколько больше, в сравнении с тем, что получается без учета нагрева лейнера.

§ 35. АВТОСКРЕПЛЕНИЕ СТВОЛОВ

Автоскрепление (самоскрепление, автофретаж) является способом увеличения упругого сопротивления труб (стволов) путем предварительного их нагружения внутренним давлением, вызывающим пластические деформации в стенках. При пластическом деформировании стенок трубы получается такое распределение напряжений после снятия нагрузки, что внутренние слои оказываются сжатыми, а наружные растянутыми. Такое напряженное

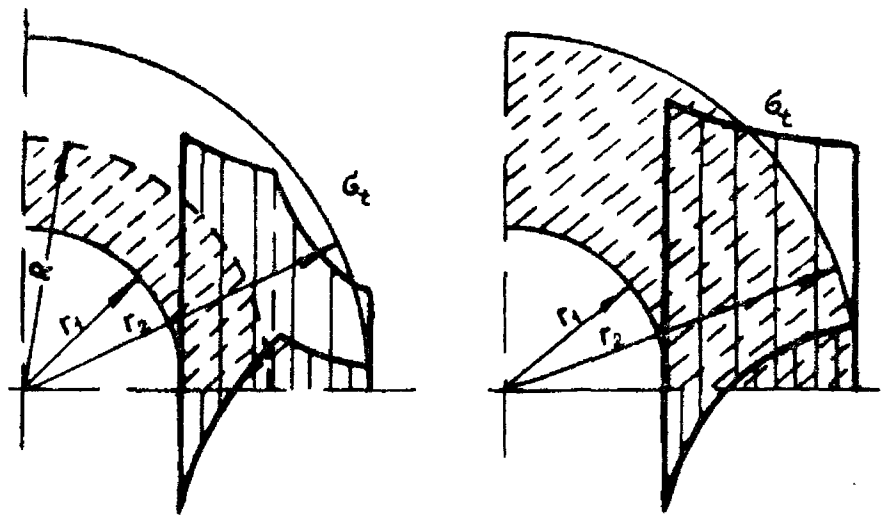

Рис. 187. Распределение напряжений в автоскрепленном стволе.

состояние соответствует напряженному состоянию скрепленного ствола, состоящего из бесконечно большого числа тонких слоев, одетых друг на друга с некоторым натягом.

На рис. 187 показано распределение тангенциальных напряжений по толщине стенок трубы при нагружении и после снятия нагрузки. Левый рисунок относится к случаю **частичной перегрузки** трубы, когда пластическая деформация распространяется только на внутренние слои. На правом рисунке показана **полная перегрузка** трубы, когда пластическая деформация распространяется на всю толщину стенок. В обоих случаях после снятия нагрузки образуются напряжения сжатия на внутренней поверхности, как результат больших остаточных деформаций внутренних слоев.

Эффект автоскрепления усиливается в результате упрочнения металла при пластической деформации. Чем выше склонность металла к наклепу (упрочнению), тем больше предел текучести металла на внутренней поверхности после нагружения трубы и больше упругое сопротивление ее.

Автоскрепление как специальный процесс производится обычно нагружением ствола гидравлическим давлением. Этот способ

автоскрепления позволяет наращивать давление по наиболее выгодному закону, наиболее точно измерять давление и деформации, а также выдерживать трубу под давлением в течение необходимого промежутка времени.

Заготовка перед скреплением должна иметь цилиндрическую форму внутренней и наружной поверхности. В противном случае она вставляется в специальную массивную оправку, ограничивающую деформации на отдельных, наиболее слабых участках. Деформация внутренней поверхности трубы при автоскреплении допускается до величины порядка 3%, что обычно соответствует частичной перегрузке.

Автоскрепление, позволяя резко увеличить упругое сопротивление трубы, дает возможность проверить качество и выявить дефекты, уменьшающие сопротивление ее. В производственном отношении автоскрепление отличается простотой, в сравнении с другими способами увеличения сопротивления труб, и высокой производительностью.

Автоскрепление получило применение при изготовлении стволов артиллерийских орудий. В стрелковом оружии оно не используется, поскольку толщина стенок и вес ствола у образцов стрелкового оружия определяются главным образом условиями охлаждения при интенсивной стрельбе, а не прочностью.

Следует иметь в виду, что автоскрепление в какой-то мере может иметь место во время стрельбы, когда давление пороховых газов превосходит упругое сопротивление ствола. При этом получаются практически незаметные остаточные деформации, однако увеличивающие сопротивление ствола.

Чтобы иметь представление о возможном эффекте автоскрепления, определим давление автоскрепления в наиболее простом случае, когда материал автоскрепляемой трубы не упрочняется в результате пластической деформации. Обозначим, как указано на рис. 187, r_1—внутренний радиус трубы, r_2—наружный радиус, R—радиус пластической зоны.

Воспользуемся уравнением равновесия элементарного объема, выделенного в стенке трубы,

$$\sigma_r - \sigma_t + r\frac{d\sigma_r}{dr} = 0$$

и условием пластичности, которое по энергии формоизменения согласно выражению (142) для пластической зоны при идеальной пластичности запишется так:

$$\frac{\sigma_s}{m\sqrt{3}} = \frac{c_2}{r^2} = \frac{1}{2}(\sigma_t - \sigma_r).$$

Примем за малостью влияния осевых сил $m = 1$. Тогда уравнение равновесия с учетом условия пластичности запишется в таком виде:

$$r\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_s$$

или

$$-r\frac{dP}{dr}=\frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_s.$$

Интегрируя это уравнение в пределах от r до R и от P до $P_к$, получим

$$P=\frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_s\ln\frac{R}{r}+P_к, \tag{156}$$

где r — переменный радиус пластической зоны;
P — давление в трубе, соответствующее R;
$P_к$ — давление на границе упругой зоны и пластической.

Давление $P_к$ действует на упругую зону как внутреннее давление на моноблок и определяется так:

$$P_к=\frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}\cdot\frac{r_2^2-R^2}{r_2^2}.$$

Подставляя это выражение в формулу (156), получим

$$P=\frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_s\ln\frac{R}{r}+\frac{1}{\sqrt{3}}\sigma_s\frac{r_2^2-R^2}{r_2^2}.$$

Если воспользоваться ранее применявшимся обозначением $\frac{r_2}{r_1}=a$ и ввести еще обозначения $\frac{r}{r_1}=x$ и $\frac{R}{r_1}=y$, то получим

$$P=\frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}\left(2\ln\frac{y}{x}+\frac{a^2-y^2}{a^2}\right).$$

Перейдя к внутренней поверхности ($r=r_1$, $x=1$), получим давление автоскрепления при распространении пластической зоны до слоя с радиусом R

$$P_1=\frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}\left(2\ln y+\frac{a^2-y^2}{a^2}\right). \tag{157}$$

Если примем пластическую зону равной нулю ($R=r_1$, $y=1$), то получим упругое сопротивление моноблока

$$P_1=\frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}\cdot\frac{a^2-1}{a^2}.$$

Если распространим пластическую зону на всю толщину стенок ($R=r_2$, $y=a$), то получим

$$P_1=\frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_s\ln a.$$

Пример. Имеем трубу с размерами $r_1 = 12{,}5$ *мм*, $r_2 = 25$ *мм* и пределом текучести металла $\sigma_s = 55$ *кГ/мм*^{2}. Определим давление автоскрепления при распространении пластической зоны до $R = 20$ *мм*.

Подсчитываем:

$$y = \frac{20}{12{,}5} = 1{,}6; \qquad a = \frac{25}{12{,}5} = 2; \qquad \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}} = \frac{55}{\sqrt{3}} = 31{,}7 \ кГ/мм^2.$$

Воспользовавшись формулой (157), получаем

$$P_1 = 31{,}7\left(2\ln 1{,}6 + \frac{4 - 1{,}6^2}{4}\right) = 41{,}2 \ кГ/мм^2 \text{ или } 4120 \ кГ/см^2.$$

Упругое сопротивление такой трубы до автоскрепления составляет всего 2380 *кГ/см*^{2}. В результате автоскрепления сопротивление трубы увеличилось на 73%.

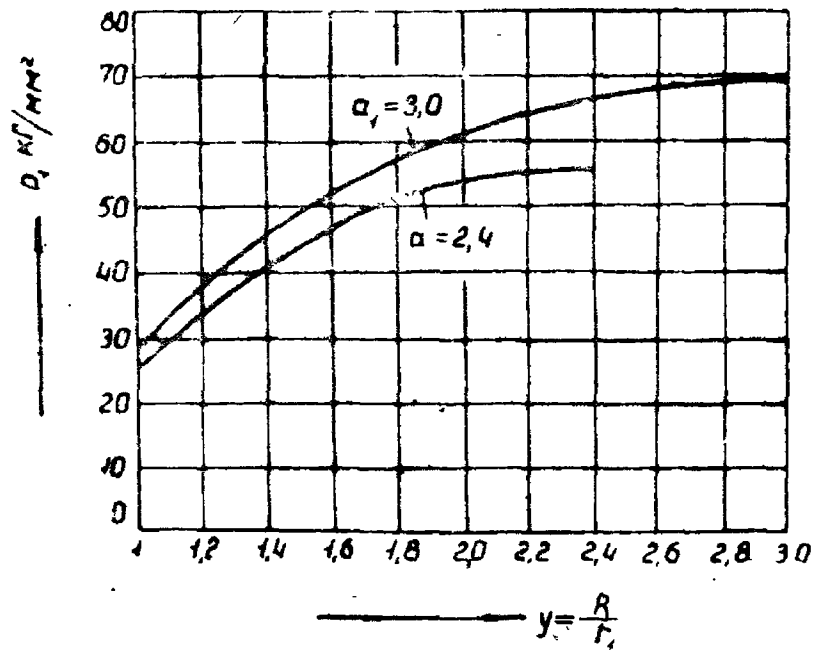

Рис. 188. Зависимость давления автоскрепления от величины пластической зоны.

На рис. 188 показаны кривые зависимости давления автоскрепления от величины пластической зоны для двух стволов из углеродистой стали ($\sigma_s = 55$ *кГ/мм*^{2}) с толщинами стенок, соответствующими $a = 2{,}4$ и $a = 3{,}0$.

При $y = 1{,}2$, т. е. при пластической зоне в 20% от внутреннего радиуса r_1, получается увеличение упругого сопротивления трубы на 36%. Характерно, что такое большое увеличение сопротивления трубы получается при незначительной остаточной деформации внутренней поверхности вследствие небольшой пластической зоны. Для патронника, например, под винтовочный патрон ($r_1 = 6$ *мм*) зона пластической деформации

составляет при этих условиях 1,2 *мм*, для патронника под 14,5-*мм* патрон ($r_1 = 13{,}5$ *мм*) она составляет 2,7 *мм*.

Остаточную деформацию внутренней поверхности трубы можно оценить, пренебрегая изменением объема металла ствола вследствие автоскрепления, как

$$\Delta\varepsilon_{r1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta P}{E} \cdot \frac{2a^2 + 1}{a^2 - 1};$$

где ΔP — увеличение упругого сопротивления трубы вследствие автоскрепления (разность давления автоскрепления) и упругого сопротивления до автоскрепления.

Для $a = 3$ и $y = 1{,}2$ имеем $\Delta P = 38{,}4 \quad 28{,}2 = 10{,}2$ *кГ/мм*^{2}

и

$$\Delta\varepsilon_{r1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{10{,}2}{2{,}1 \cdot 10^4} \cdot \frac{19}{8} = 7{,}7 \cdot 10^{-4}$$

или

$$\Delta r_1 = \Delta\varepsilon_{r1} \cdot r_1 = 7{,}7 \cdot 10^{-4} \cdot 6 = 0{,}00462 \text{ мм при } r_1 = 6 \text{ мм}$$

и

$$\Delta r_1 = 7{,}7 \cdot 10^{-4} \cdot 13{,}5 = 0{,}0104 \text{ мм при } r_1 = 13{,}5 \text{ мм}.$$

Такие небольшие изменения размеров канала ствола в процессе эксплуатации оружия могут быть не замечены, в то же время они сопровождаются значительным увеличением упругого сопротивления стенок ствола.

§ 36. ВИБРАЦИЯ СТВОЛОВ

Как показывает опыт, стволы огнестрельного оружия приходят при стрельбе в колебательное движение. Характер и размах колебаний зависят от многих факторов: длины ствола, его поперечных размеров, наличия и мест расположения сосредоточенных масс, условий крепления и т. п. Все это трудно учесть при определении характера колебаний ствола, поэтому при их изучении часто принимают ствол в виде цилиндрического или конического стержня с одним закрепленным концом. Такой стержень обычно имеет следующие виды поперечных колебаний (рис. 189):

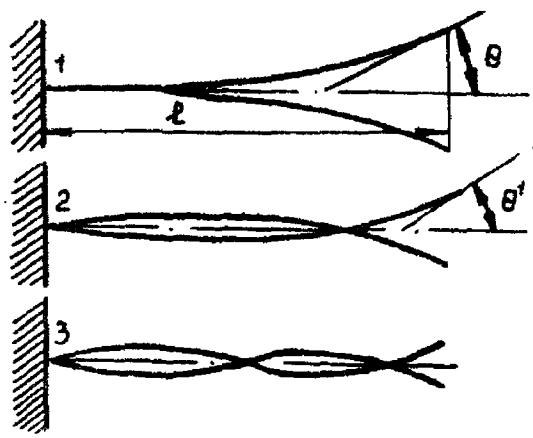

Рис. 189. Колебания стержня с одним закрепленным концом.

— колебания первого порядка или основного тона; узел этих колебаний находится в точке закрепления конца ствола;

— колебания второго порядка или первого верхнего тона: один узел этих колебаний находится в точке крепления конца, а второй на удалении 0,22 l от свободного конца ствола;

— колебания более высоких порядков с соответствующим числом узлов колебаний; чем выше порядок колебаний, тем больше частота и меньше период колебаний ствола.

Все эти колебания совершаются преимущественно в вертикальной плоскости и накладываются одно на другое. Они оказывают влияние на меткость стрельбы из неавтоматического и

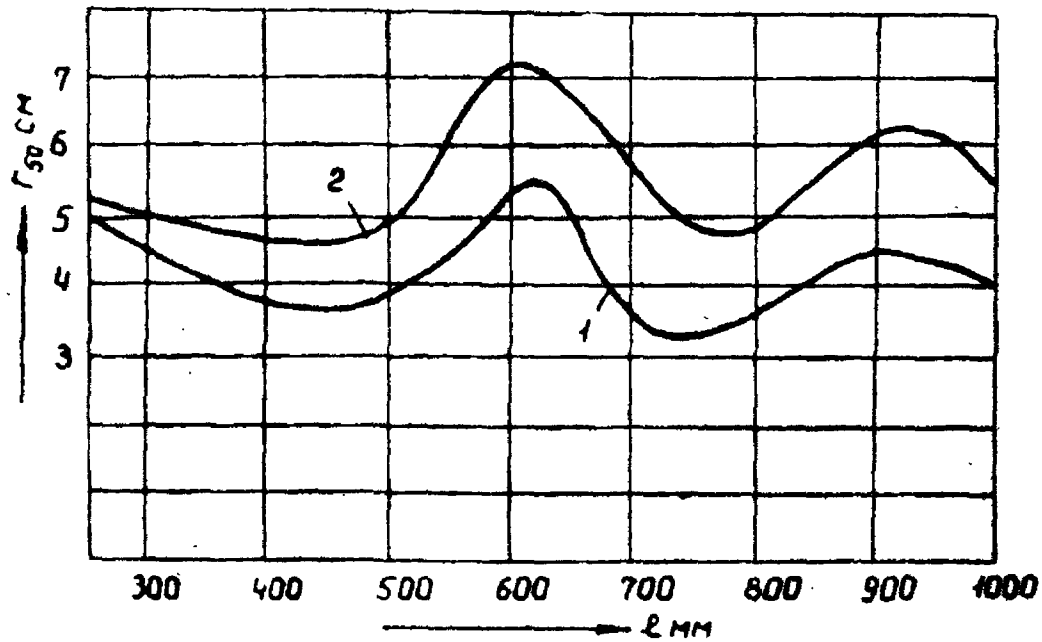

Рис. 190. Зависимость рассеивания при стрельбе на 100 м из винтовки легкой *1* и тяжелой *2* пулями от длины ствола.

особенно из автоматического оружия. О влиянии колебаний ствола на меткость стрельбы неавтоматического оружия можно судить по данным Д. А. Вентцеля (рис. 190). Как видно из рисунка, с изменением длины ствола меняются условия колебаний и периодически изменяется рассеивание, проходя последовательно через максимум и минимум.

Колебания ствола оказывают влияние на меткость стрельбы вследствие изгиба ствола и возникающей при этом боковой скорости дульной части ствола (рис. 191). Для меткости важно, чтобы моменту вылета пули из дула при каждом выстреле соответствовало определенное и постоянное значение угла отклонения дульной части ствола, т. е. определенная фаза колебаний.

Обеспечить вылет пули в одну и ту же фазу колебаний ствола практически невозможно из-за неизбежного разброса времени движения пули по каналу ствола ($t_д$) вследствие влияния различного рода причин (разброс максимального давления газов, веса пули, веса заряда, свойств пороха и т. п.) В этих условиях необходимо обеспечить вылет пули в такую фазу колебаний,

чтобы разброс $t_д$ оказывал наименьшее влияние на рассеивание пуль. Такой фазой является максимальное отклонение дульной части от положения равновесия. В этот момент амплитуда колебаний дула меняется медленно, поэтому разброс $t_д$ сопровождается минимальным разбросом амплитуд (рис. 192) и минимальным рассеиванием пуль. Скорость меняется в этот момент наиболее быстро, но остается небольшой по величине и поэтому не оказывает заметного влияния на меткость стрельбы.

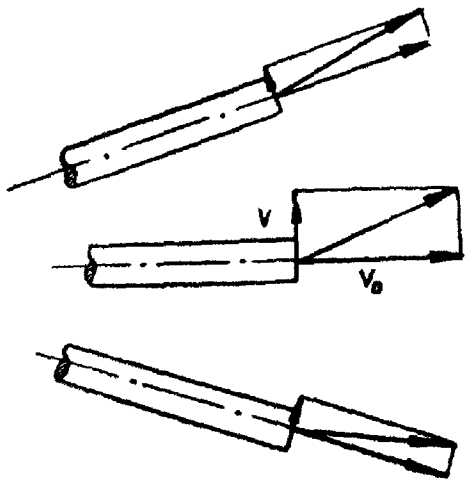

Рис. 191. Фазы колебания дульной части ствола.

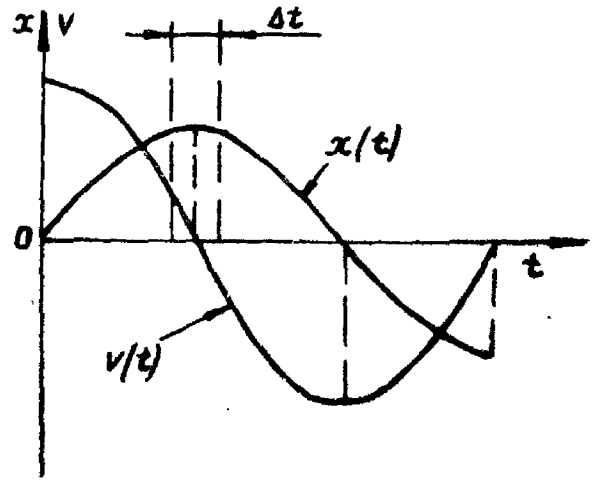

Рис. 192. Колебания дульной части ствола.

Ответ на вопрос, какой порядок колебаний ствола оказывает наибольшее влияние на меткость стрельбы, будет различным применительно к оружию одиночного и непрерывного огня.

При стрельбе из неавтоматического и из самозарядного автоматического оружия, как показывает опыт стрельбы из винтовок, наибольшее влияние на меткость оказывают колебания второго порядка. Это объясняется следующим:

— колебания второго порядка дают большой угол отклонения дульной части ($\Theta' > \Theta$);

— частота их больше, поэтому фаза запаздывания при разбросе $t_д$ будет больше.

Винтовочные стволы имеют частоту колебаний первого порядка около 30 — 60 периодов в секунду и второго порядка около 200 — 400 периодов в секунду. Частота колебаний второго порядка примерно в шесть раз больше частоты колебаний первого порядка. Один период составляет $T_1 = 0{,}017 - 0{,}033$ *сек* при колебаниях первого порядка и $T_2 = 0{,}0025 - 0{,}0050$ *сек* при колебаниях второго порядка.

Время движения пули по каналу ствола у винтовок и карабинов составляет $t_д = 0{,}0015 - 0{,}0020$ *сек*. Отсюда нетрудно видеть, что время $t_д$ значительно меньше периода T_1. Таким образом, фаза колебаний в момент вылета пули из дула не может заметно изменяться вследствие разброса $t_д$. Период же

колебаний второго порядка T_2 несущественно отличается от $t_д$, поэтому разброс $t_д$ неизбежно будет сопровождаться разбросом фаз колебаний в момент вылета пули и рассеиванием пуль.

При стрельбе из самострельного оружия на первое место выступают колебания первого порядка. В этом случае опасен резонанс колебаний, возобновляемых каждым последующим выстрелом, если число колебаний за время между двумя последующими выстрелами кратно темпу стрельбы. Очевидно, для меткости будут иметь значение те колебания, которые не успевают затухнуть к следующему выстрелу. Наибольшей продолжительностью обладают колебания первого порядка, которые и представляют интерес в данном случае. Что касается колебаний второго порядка, то, по некоторым данным, они затухают уже через 0,05 *сек* или к началу следующего выстрела при темпе стрельбы 1 200 выстрелов в минуту. Следовательно, при таком и меньших темпах стрельбы эти колебания не могут быть увеличены автоматической стрельбой и имеют второстепенное значение.

Для определения частот колебаний стволов рассмотрим собственные поперечные колебания балок, которые описываются следующим дифференциальным уравнением:

$$m(x)\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[EI(x)\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}\right]=0, \qquad (158)$$

где $EI(x)$ — жесткость балки на изгиб, переменная от сечения к сечению;

E — модуль упругости $[кГ/см^2]$;

I — момент инерции сечения $[см^4]$.

Для цилиндрического сечения с внутренним и наружным диаметрами d_1 и d_2

$$I=\frac{\pi d_2^4}{64}\left[1-\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4\right]=4{,}9\cdot 10^{-2}d_2^4\left(1-\frac{1}{a^4}\right);\quad a=\frac{d_2}{d_1};$$

y — поперечная деформация, прогиб $[см]$;

x — координата произвольного сечения, расстояние от места крепления до сечения $[см]$;

$m(x)$ — погонная масса балки $[кГсек^2/см^2]$;

t — время.

В частном случае, когда жесткость постоянна по длине ($EI=\text{const}$), имеем

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+b^2\frac{\partial^4 y}{\partial x^4}=0, \qquad (159)$$

где $b^2=\frac{EI}{m(x)}=\frac{EIg}{\gamma s}$;

γ — удельный вес металла;

s — площадь поперечного сечения.

Решение уравнения (159) поперечных колебаний цилиндрического стержня с постоянной жесткостью дает следующие значения частот колебаний:

$$P_i = \frac{c_i}{l^2}\sqrt{\frac{EI}{m}}, \qquad (160)$$

где коэффициент c зависит от способа крепления концов.

При одном закрепленном конце

$c_1 = 1{,}875$ для колебаний первого порядка;

$c_2 = 4{,}694$ для колебаний второго порядка;

$c_3 = 7{,}855$ для колебаний третьего порядка.

Для конического стержня [1]

$$P = P_0\sqrt{\frac{1-\eta\sigma-\eta'\sigma'}{1-\xi\tau-\xi'\tau'}}, \qquad (161)$$

где

$$\eta_1 = \frac{I_0 - I_e}{I_0}; \qquad \xi = \frac{s_0 - s_e}{s_0};$$

$$\eta_1' = \frac{1}{I_0}\left(\frac{I_0 + I_e}{2} - I_{\frac{e}{2}}\right);$$

$$\xi' = \frac{1}{s_0}\left(\frac{s_0 + s_e}{2} - s_{\frac{e}{2}}\right);$$

I_0, I_e, $I_{\frac{e}{2}}$ — моменты инерции площади поперечных сечений на концах стержня и в его середине;

P_0 — частота колебаний соответствующего порядка цилиндрического стержня, имеющего площадь поперечного сечения большего основания (s_0);

σ, τ, σ', τ' — коэффициенты, численные значения которых приводятся в табл. 57.

Таблица 57

Значения коэффициентов

Колебания	σ	τ	σ'	τ'
1-го порядка	0,193	0,807	0,493	0,493
2-го порядка	0,406	0,594	0,703	0,703

Сложность учета всех основных факторов, оказывающих влияние на колебания стволов, особенно трудность определения момента начала колебаний дульной части, не позволяют произвести надежное аналитическое исследование колебаний реальных конструкций стволов и влияния их на меткость стрельбы. Поэтому

большое значение придается экспериментальным методам исследования колебаний стволов (оптическим, применению датчиков сопротивлений, наклеиваемых на наружную поверхность ствола, и др.).

К способам уменьшения размаха колебаний ствола и влияния их на меткость стрельбы относятся:

— рациональный выбор длины ствола, позволяющий получить вылет пули из канала в наиболее выгодную фазу колебаний;

— уменьшение разброса веса заряда, веса пули, максимального давления газов и т. п., позволяющее получить минимальный разброс времени движения пули по каналу и фаз колебаний дульной части ствола;

— рациональный выбор толщины стенок и распределения массы вдоль ствола, позволяющий уменьшить размах колебаний и оттянуть момент начала колебаний дульной части до момента вылета пули;

— рациональное расположение точек опоры колеблющейся системы, иногда позволяющее получить вылет пули из дула прежде чем дульная часть ствола придет в колебательное движение.

Все это можно сделать только в результате экспериментального исследования колебаний ствола в конкретных условиях его работы и крепления самого оружия. Исследование колебаний стволов автоматического оружия не может быть оторвано от исследования колебаний самого оружия при стрельбе. Поэтому задача исследования колебаний стволов представляется как задача исследования устойчивости оружия с учетом упругих деформаций его деталей, в том числе и ствола.

§ 37. НАГРЕВ СТВОЛОВ И СПОСОБЫ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Нагрев ствола при стрельбе имеет целый ряд нежелательных последствий:

— уменьшение живучести ствола;

— понижение механических характеристик прочности металла и уменьшение сопротивления стенок ствола давлению газов;

— ухудшение условий экстракции гильз вследствие уменьшения модуля упругости (рис. 193) и ухудшения условий передачи тепла гильзой стенкам ствола;

— изменение условий движения ствола в оружии с отдачей ствола вследствие температурного расширения сопрягаемых размеров, что вынуждает обеспечивать большие зазоры в направляющих, способствующие увеличению рассеивания пуль;

— температурное удлинение стенок ствола, вынуждающее приближать место крепления ствола в ствольной коробке к казенному срезу и увеличивать «зеркальный» зазор, снижающий надежность работы оружия;

— затруднительное пользование открытым прицелом вследствие восходящих потоков нагретого воздуха;

— изгиб ствола в результате неравномерного нагрева стенок (при разностенности) и, как следствие этого, увеличение рассеивания;

— расширение канала ствола, нарушение нормального сопряжения пули с поверхностью канала ствола и, как следствие этого, увеличение рассеивания пуль и износа нарезов;

— возможность самопроизвольного воспламенения патрона, находящегося в патроннике при задержке в работе оружия;

— ограничение режимов ведения огня и, следовательно, боевых возможностей оружия;

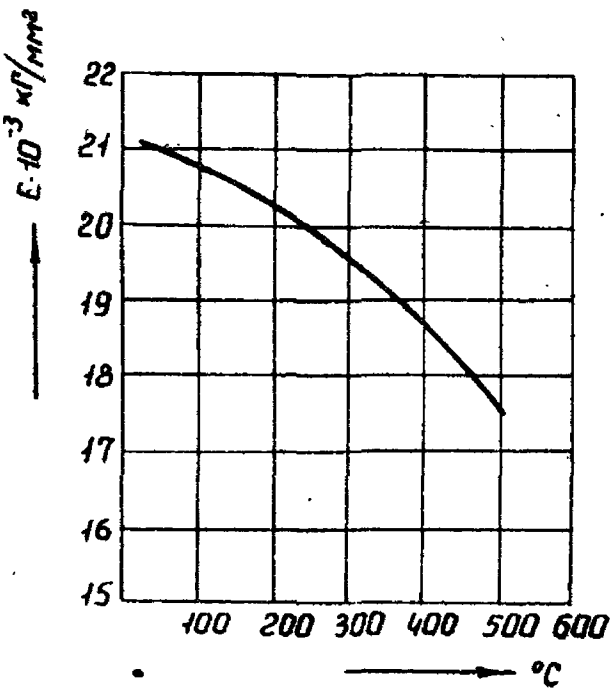

Рис. 193. Зависимость модуля упругости стали ОХНЗМ от температуры.

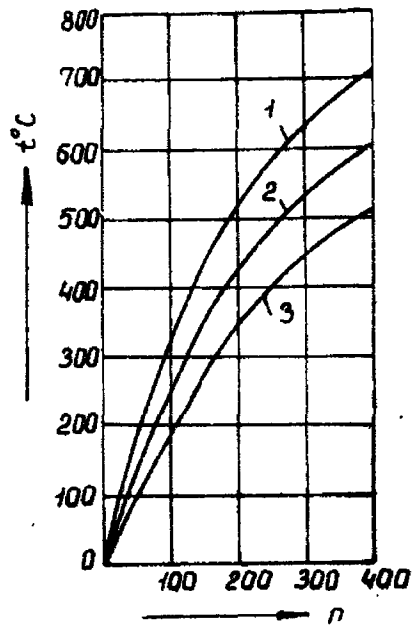

Рис. 194. Распределение температуры по длине стенок ствола ДП:
1—у дула; 2- в средней части; 3—в казенной части.

— ухудшение условий обслуживания оружия при стрельбе, особенно устранения задержек, при возможности получения ожогов;

— необходимость увеличивать толщину стенок ствола или снабжать оружие запасными стволами в качестве меры охлаждения стволов, что снижает маневренные качества оружия.

Ствол нагревается при стрельбе неравномерно как по длине, так и по толщине стенок. Неравномерность нагрева ствола по длине объясняется неодинаковой толщиной стенок в различных сечениях, неодинаковой температурой пороховых газов, неодинаковым давлением газов в различных точках по длине и различным временем воздействия газов на различные участки ствола. Неравномерность нагрева стенок видна из опытов замера температуры вблизи внутренней поверхности ствола пулемета ДП по данным А. А. Благонравова (рис. 194). Температура выше там,

где тоньше стенки. В начале стрельбы нагрев интенсивнее. По мере стрельбы и нагрева ствола усиливается передача тепла окружающему воздуху, поэтому интенсивность нагрева падает.

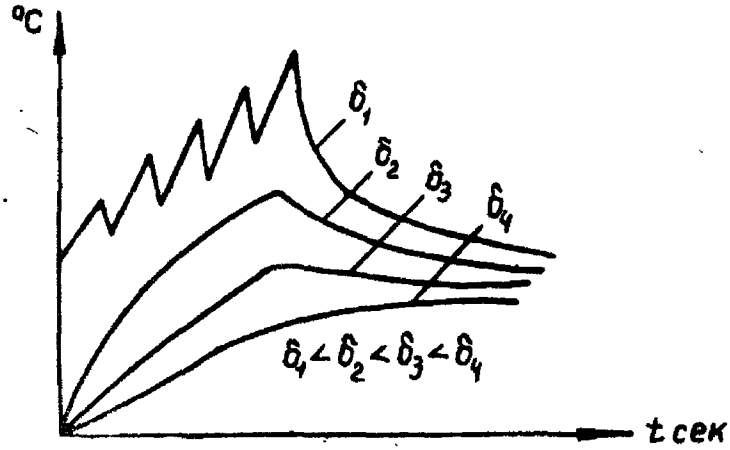

Рис. 195. Изменение температуры в различных точках по толщине стенок ствола.

Изменение температуры на различном удалении от поверхности канала ствола (δ) в зависимости от времени показано на рис. 195. В точках, расположенных в непосредственной близости от поверхности канала, температура поднимается и опускается

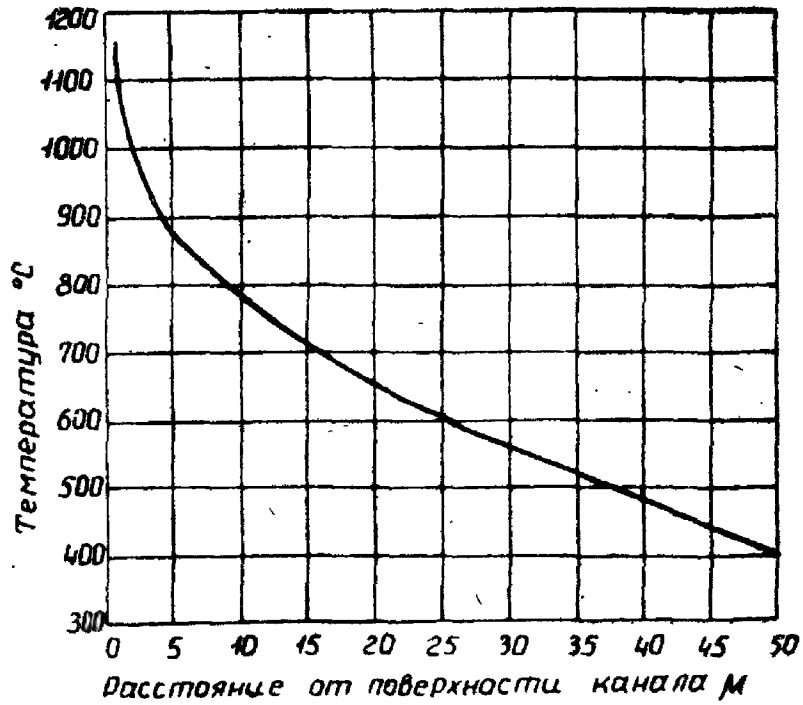

Рис. 196. Распределение температуры в винтовочном стволе.

в соответствии с темпом стрельбы. В более удаленных слоях она плавно меняется, поднимаясь в процессе очереди и опускаясь после очереди выстрелов.

На рис. 196 показано распределение температуры по толщине стенки винтовочного ствола в непосредственной близости от

19 В. М. Кириллов. Зак. 590

поверхности канала к концу действия пороховых газов. У самой поверхности канала температура достигает 1 000°С и более, резко уменьшаясь по мере удаления от поверхности.

Нагрев ствола оказывает влияние на его прочность через изменение характеристик прочности металла и возникновение внутренних напряжений, вызываемых неравномерностью нагрева стенок по толщине.

Во всех случаях стрельбы, исключая стрельбу с периодическим охлаждением стенок ствола со стороны канала, более высокую температуру имеют внутренние слои, отчего они оказываются сжатыми, а наружные слои—растянутыми (рис. 197). Такое распределение напряжений соответствует напряженному состоянию автоскрепленного ствола и увеличивает сопротивление стенок действию внутреннего давления. Таким образом, процесс нагрева ствола, когда имеется разность температуры внутренних и наружных слоев, увеличивает прочность его стенок.

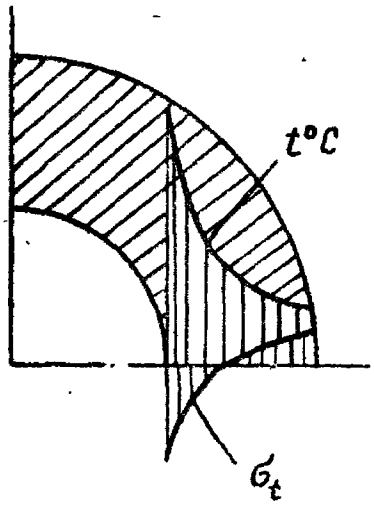

Рис. 197. Распределение температуры и внутренних напряжений по толщине стенок ствола.

Когда же нагрев ствола прекращается, что может быть в перерывах напряженной стрельбы, температура в стенках выравнивается за счет передачи тепла от внутренних слоев наружным и благоприятное для прочности ствола распределение напряжений исчезает. Но в это же время стенки ствола могут иметь достаточно высокую среднюю температуру, что зависит от напряженности предыдущей стрельбы, пониженные вследствие этого механические характеристики прочности металла и в соответствии с этим пониженное сопротивление стенок давлению газов. Возобновлению стрельбы из разогретого ствола будут соответствовать меньшие запасы прочности.

Из сказанного следует, что учет влияния нагрева ствола на прочность его стенок должен сводиться к учету понижения механических характеристик прочности конкретной ствольной стали в соответствии с повышением средней температуры стенок ствола при наиболее напряженной стрельбе. Зная новое (пониженное) значение предела текучести, можно произвести проверку прочности ствола с учетом его нагрева указанными ранее способами.

Тепловые расчеты ствола сводятся к решению задач теплопередачи от пороховых газов стенкам канала, нагрева поверхности канала ведущим устройством, теплопроводности в стенке и теплоотдачи от ствола окружающему воздуху. При этом учитывается реальная скорострельность и определяется температура поверхностного слоя в начале нарезной части. Эта температура будет различной при различной толщине стенок. Имея расчетные

данные зависимости температуры от толщины стенок и задаваясь допустимой температурой, можно установить необходимую толщину стенок ствола.

Такой расчет является сложным и громоздким. Поэтому для ориентировочных прикидок тепловых режимов стволов стрелкового оружия часто пользуются менее точным, но значительно более простым способом [1], основанным на балансе энергии порохового заряда при выстреле.

Если известны энергия порохового заряда E_ω и ее составные части, расходуемые на сообщение пуле поступательного движения $e_0 = \frac{E_0}{E_\omega}$ и нагрев ствола $e_c = \frac{E_c}{E_\omega}$, что можно определить опытным (хотя бы калориметрическим) путем, то можно определить зависимость энергии E_c, идущей на нагрев ствола, от дульной энергии E_0

$$E_c = e_c E_\omega = \frac{e_c}{e_0} E_0.$$

Учитывая механический эквивалент теплоты, определяем количество тепла Q_c, получаемое стволом за один выстрел,

$$Q_c = \frac{e_c}{e_0} \cdot \frac{E_0}{427}.$$

По количеству тепла можно определить приращение средней температуры Δt ствола за один выстрел

$$\Delta t = \frac{e_c}{e_0} \cdot \frac{E_0}{427 c G_c},$$

где c — удельная теплоемкость металла ствола;

G_c — вес ствола.

Определив величину Δt для существующих стволов, работающих в таких же условиях, и приняв ее для проектируемого ствола, можно определить ориентировочно его вес и необходимые толщины стенок. У существующих ручных пулеметов, например, значения Δt находятся большей частью в пределах 1,5 — 1,8°С.

Кроме выбора рационального веса (толщины стенок) ствола, как меры недопущения его чрезмерного нагрева, зачастую предусматриваются специальные способы охлаждения стволов. Охлаждение должно быть тем эффективнее, чем больше емкость магазина (ленты) и чем более длительная непрерывная стрельба должна вестись из данного образца оружия.

У станкового пулемета, например, охлаждение ствола должно быть более эффективным, чем у ручного пулемета, а у последнего эффективнее, чем у автомата или самозарядного карабина (винтовки).

К специальным способам охлаждения стволов относятся: быстрая замена разогретого ствола охлажденным стволом, увеличе-

ние поверхности охлаждения ствола путем придания ей ребристости, применение с этой же целью различного рода насадок (радиаторов), искусственное обдувание наружной или внутренней поверхности ствола, применение жидких охладителей и т. п.

Замена разогретого ствола запасным стволом является эффективным способом его охлаждения, но имеет существенные недостатки: необходимость иметь при оружии запасные стволы, что снижает маневренные качества оружия; трудности обеспечения одинаковой меткости оружия с различными стволами, особенно когда мушка крепится не на стволе, а на кожухе; возможности утери стволов в боевой обстановке, что снижает боевые возможности оружия; необходимость обеспечения удобной и быстрой замены ствола без применения какого-либо инструмента. Поэтому наряду с этим способом охлаждения стволов широкое применение получили образцы оружия (ручные, взводные пулеметы), которые снабжаются достаточно массивными несменяемыми стволами и избавлены от указанных недостатков.

Придание стволам ребристой поверхности усложняет их производство, увеличивает отходы металла в процессе обработки заготовок и оказывается малоэффективной мерой охлаждения, если эта ребристость сравнительно небольшая. В ряде случаев оказывается выгоднее идти по линии некоторого увеличения веса ствола, отказавшись от ребристой поверхности.

Применение различного рода насадок на ствол с целью увеличения поверхности охлаждения позволяет иметь небольшой вес ствола, если насадки изготовляются из легких сплавов, но оно также связано с существенным усложнением технологии изготовления оружия. Чтобы избежать образования зазоров в сопряжениях и ухудшения теплопередачи по стенке ствола, приходится кольца (насадки) одевать с натягом или делать разрезными, что усложняет технологию. Эта известная в прошлом мера охлаждения стволов у оружия выпуска последних лет не применяется.

Обдувание или продувание ствола потоком воздуха в стрелковом оружии не получило применения. С обдуванием наружной поверхности ствола известна в прошлом одна система — английский ручной пулемет Льюис, снабженный радиатором с продольными ребрами и кожухом, обеспечивающими эжекторную тягу воздуха по поверхности ствола. Эффективность охлаждения ствола этой системы показана на рис. 198 [1].

Особенно эффективным является водяное охлаждение стволов, получившее в прошлом широкое применение в станковых пулеметах. Его особенностью является резкое понижение температуры ствола при незначительных перерывах в стрельбе за счет интенсивной передачи тепла от ствола к охлаждающей жидкости. Для охлаждения ствола пулемета нормального калибра достаточно иметь запас воды в кожухе порядка 3—4 *л*, а для крупнокалиберного пулемета 5—8 *л*.

Насколько интенсивным является водяное охлаждение ствола, можно судить по данным рис. 199.

Системы водяного охлаждения обладают рядом существенных недостатков, ограничивающих область их применения установками стационарного и полустационарного типа. К этим недостаткам относятся:

— необходимость иметь при оружии запасы охлаждающей жидкости;

— необходимость мер против замерзания жидкости в зимнее время;

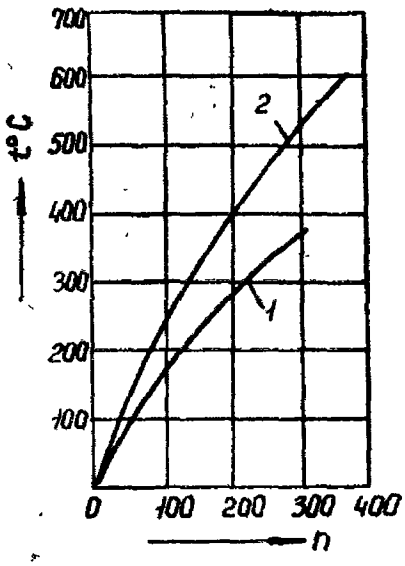

Рис. 198. Изменение температуры ствола при стрельбе:
1—с радиатором; 2—без радиатора.

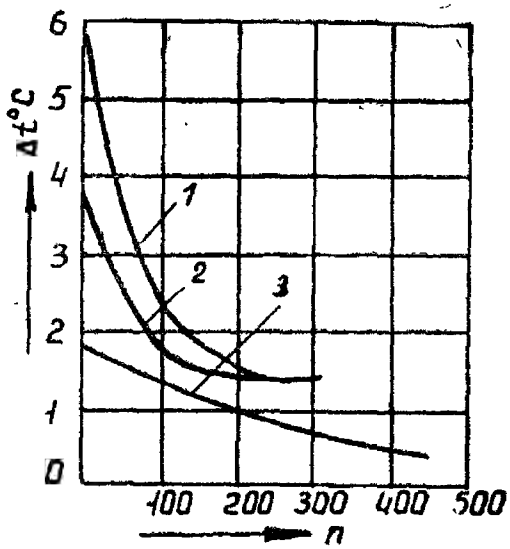

Рис. 199. Изменение температуры ствола на один выстрел:
1—пулемет обр. 1910 г. без воды; 2—пулемет ДП; 3—пулемет обр. 1910 г. с водой в кожухе.

— большой вес системы в ущерб маневренности;

— сложность подготовки оружия к стрельбе;

— высокая уязвимость оружия в бою и т. п.

В стрелковом оружии преобладающее применение получили системы воздушного охлаждения стволов с несменяемыми стволами для легкого оружия и сменяемыми стволами для станковых и крупнокалиберных пулеметов. Это, естественно, не означает, что отпала надобность в изысканиях более эффективных и практически приемлемых новых способов охлаждения стволов.

§ 38. КРЕПЛЕНИЕ СТВОЛА В СТВОЛЬНОЙ КОРОБКЕ

К креплению ствола в ствольной коробке предъявляются следующие основные требования:

— прочность соединения;

— необходимая жесткость соединения, исключающая большие упругие деформации, неблагоприятно влияющие на прочность и экстракцию гильзы;

— быстрота смены ствола, если к оружию предусматриваются запасные стволы для замены при интенсивной стрельбе;

— невозможность неправильной постановки ствола при быстрой его замене;

— невозможность самопроизвольного разъединения ствола со ствольной коробкой, особенно в процессе стрельбы;

— достаточно близкое расположение места соединения ствола со ствольной коробкой к казенному срезу во избежание большого температурного удлинения казенной части ствола и уменьшения «зеркального» зазора в процессе стрельбы;

— простота ремонта и регулировки узла запирания в полевых условиях.

Перечисленные требования выполняются при выборе способа крепления ствола в ствольной коробке. Среди существующих способов крепления ствола видное место занимают резьбовое, сухарное и клиновое соединения.

Резьбовое (винтовое) соединение применяется в тех случаях, когда не требуется быстрая смена ствола. Оно может быть глухим (неразъемным) или свободным (разъемным).

Неразъемное соединение применяется главным образом у оружия, живучесть которого определяется живучестью ствола, например, у винтовок, автоматов и некоторых систем ручных пулеметов. Свободное винтовое соединение получило применение у станковых и главным образом крупнокалиберных пулеметов. Если на стволе крепится мушка, то предусматривается фиксация ствола в строго определенном положении (12,7-*мм* пулемет ДШК). Если мушка крепится на кожухе, а ствол является телом вращения, предусматривается фиксация ствола в различных положениях, что позволяет регулировать величину «зеркального» зазора в процессе стрельбы путем поворота ствола на необходимый угол вокруг продольной оси (12,7-*мм* пулемет Браунинг).

Сухарное соединение ствола со ствольной коробкой применяется в оружии с быстрой заменой ствола в процессе стрельбы. Конструктивно оно осуществляется различным образом. В одних случаях при соединении поворачивается ствол (ручной пулемет ДП), в других специальная муфта (ручной пулемет БРЭН, крупнокалиберный пулемет КПВ). Иногда это соединение осуществляется не поворотом, а поперечным перемещением казенной части ствола (станковый пулемет *ZB-53*). В целях быстрой замены ствола применяется и клиновое соединение (станковый пулемет СГМ).

В системах с подвижным стволом иногда используются специальные выступы на стволе для крепления его в оружии, как, например, у пулемета обр. 1910 г., автомата Федорова и др.

Соединение ствола со ствольной коробкой рассчитывается на прочность в соответствии с методами сопротивления материалов. Запасы прочности устанавливаются по нормам, выработанным практикой, путем определения их применительно к существующим, испытанным длительной эксплуатацией образцам оружия.

Не задаваясь целью рассчитать конкретные виды соединения ствола со ствольной коробкой на прочность, обратим внимание на

силы, действующие на соединение при выстреле применительно к различным условиям работы этого соединения.

В случае подвижного ствола на соединение его с подвижной ствольной коробкой (рамой) действуют следующие силы:

1) сила давления пороховых газов на конические поверхности патронника

$$F_1 = P_{max}(s_1 - s),$$

где s_1 — площадь поперечного сечения патронника у казенного среза (имеется в виду наихудший случай — поперечный разрыв гильзы);

s — площадь поперечного сечения нарезной части канала ствола;

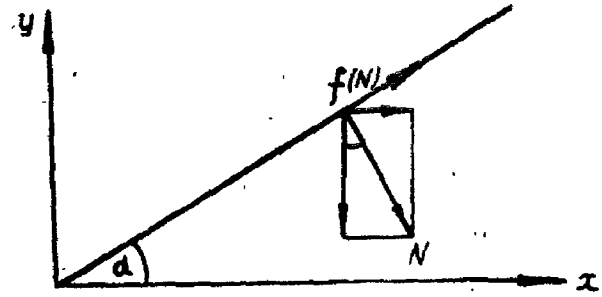

Рис. 200. Силы давления пули на боевую грань нарезов.

2) продольная составляющая силы трения пули о поверхность канала ствола (рис. 200)

$$F_2 = fN\cos\alpha,$$

где N — нормальная сила давления оболочки на поверхность канала ствола;

f — коэффициент трения;

α — угол наклона нарезов.

Сила F_2 имеет наибольшее значение в момент форсирования, но в это время мала основная сила F_1, поэтому F_2 приходится брать для нарезной части и определять силу N как давление оболочки на боевую грань, пренебрегая трением о поля и донья нарезов;

3) продольная составляющая силы давления пули на боевые грани нарезов

$$F_3 = N\sin\alpha;$$

4) сила инерции ствола

$$F_4 = \frac{G_c}{g}\cdot\frac{d^2x}{dt^2},$$

где G_c — вес ствола;

$\frac{d^2x}{dt^2}$ — ускорение подвижной системы.

Наибольшего значения эта сила достигает в момент максимального давления пороховых газов. Ускорение в этот момент можно определить из уравнения движения подвижной системы

$$\frac{Q}{g} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = P_{max}s - \Sigma R,$$

где Q — вес всей подвижной системы;

ΣR — сумма сопротивлений движению системы.

Наиболее неблагоприятный случай, когда $\Sigma R = 0$ (например, в случае поломки возвратной пружины), поэтому максимальное ускорение можно определить так:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{gP_{max}s}{Q}.$$

С учетом этого выражение для силы F_4 примет вид:

$$F_4 = \frac{G_c}{Q} P_{max}s.$$

Суммируя силы, получим искомую силу

$$F = P_{max}(s_1 - s) + fN\cos\alpha + N\sin\alpha + \frac{G_c}{Q} P_{max}s.$$

Учитывая, что для нарезов постоянной крутизны

$$N \approx 0{,}5P_{max}s,$$

получим

$$F = P_{max}s\left[\frac{s_1}{s} - 1 + \frac{G_c}{Q} + 0{,}5(f + \operatorname{tg}\alpha)\cos\alpha\right].$$

Пренебрегая малыми величинами, окончательно можно принять следующую формулу:

$$F = P_{max}s\left(\frac{s_1}{s} - 1 + \frac{G_c}{Q}\right). \qquad (162)$$

Формула (162) в равной мере применима и к случаю **неподвижного ствола** (если оружие крепится на станке ствольной коробкой и имеет амортизацию), только вместо веса подвижной системы Q надо брать вес всего оружия (тела пулемета). Так нужно определять F и в том случае, если оружие жестко крепится на станке (установке), поскольку не исключена стрельба из оружия с упругого станка или при амортизации оружия. Для ручного оружия с неподвижным стволом (пистолеты, винтовки, ручные пулеметы) вместо веса подвижной системы также следует брать вес всего оружия. Исключение составляет оружие с отдачей затвора, где прочность соединения ствола с кожухом определяется другими силами, в частности ударом затвора о ствол.

Перечисленные выше силы направлены вперед и как бы отрывают ствол от ствольной коробки. Если оружие крепится на станке или установке за ствол, то подход к определению силы, действующей на соединение ствола со ствольной коробкой, должен быть иным—надо определять силу, отрывающую ствольную коробку от ствола. Такой силой будет сила давления пороховых газов на затвор, которая передается через затвор на ствольную коробку. Имея в виду наихудший случай—поперечный разрыв гильзы, получим

$$F = P_{max} s_1. \qquad (163)$$

Сила, подсчитанная по выражению (163), будет всегда больше силы по выражению (162), поэтому закрепление оружия стволом в жестких установках, не предусмотренное заранее, может быть сопряжено с опасностью получить разрушение соединения ствола со ствольной коробкой.

Таблицы поправочных коэффициентов

m_ω, m_q, m_{W_0}, m_f, $m_{I_к}$

P_{max} \ Δ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
			m_ω		
2000	2,04	2,17	2,29	2,38	2,42
2500	2,14	2,28	2,43	2,57	2,71
3000	2,22	2,39	2,56	2,74	2,92
3500	2,30	2,49	2,69	2,90	3,12
4000	2,38	2,59	2,82	3,05	3,28
			m_q		
2000	0,69	0,73	0,76	0,78	0,80
2500	0,72	0,78	0,81	0,83	0,84
3000	0,72	0,80	0,84	0,86	0,88
3500	0,70	0,80	0,86	0,88	0,90
4000	0,66	0,79	0,87	0,89	0,91
			m_{W_0}		
2000	1,36	1,45	1,52	1,59	1,66
2500	1,48	1,58	1,67	1,74	1,81
3000	1,57	1,68	1,78	1,86	1,94
3500	1,63	1,75	1,86	1,96	2,06
4000	1,66	1,80	1,92	2,03	2,14
			m_f		
2000	1,80	1,78	1,72	1,64	1,56
2500	1,81	1,81	1,76	1,67	1,58
3000	1,78	1,78	1,79	1,69	1,60
3500	1,73	1,78	1,78	1,70	1,62
4000	1,66	1,73	1,76	1,71	1,66
			$m_{I_к}$		
2000	1,49	1,40	1,32	1,24	1,16
2500	1,50	1,46	1,40	1,33	1,26
3000	1,50	1,50	1,46	1,40	1,34
3500	1,45	1,51	1,50	1,44	1,38
4000	1,36	1,48	1,50	1,46	1,42

l_ω

P_{max} \ Δ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
		$\lambda_д = 6$			
2000	0,76	0,87	0,95	—	—
2500	0,68	0,77	0,86	0,92	0,98
3000	0,63	0,69	0,75	0,82	0,88
3500	0,59	0,63	0,68	0,73	0,78
4000	0,56	0,59	0,63	0,66	0,69
		$\lambda_д = 7$			
2000	0,74	0,85	0,93	—	—
2500	0,67	0,75	0,83	0,90	0,97
3000	0,62	0,67	0,73	0,79	0,85
3500	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74
4000	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67
		$\lambda_д = 8$			
2000	0,73	0,83	0,92	—	—
2500	0,66	0,73	0,81	0,88	0,95
3000	0,61	0,66	0,71	0,77	0,82
3500	0,58	0,61	0,65	0,68	0,71
4000	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64
		$\lambda_д = 9$			
2000	0,72	0,81	0,90	—	—
2500	0,65	0,72	0,79	0,86	0,93
3000	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
3500	0,57	0,60	0,64	0,64	0,70
4000	0,54	0,57	0,59	0,61	0,62
		$\lambda_д = 10$			
2000	0,72	0,80	0,89	0,93	0,98
2500	0,65	0,71	0,77	0,84	0,90
3000	0,60	0,65	0,69	0,74	0,78
3500	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70
4000	0,54	0,56	0,58	0,61	0,64

l_q

P_{max} \ Δ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
			$\lambda_д = 6$		
2000	0,32	0,26	0,19	—	—
2500	0,37	0,32	0,27	0,22	0,17
3000	0,40	0,36	0,32	0,27	0,22
3500	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29
4000	0,44	0,41	0,38	0,35	0,32
			$\lambda_д = 7$		
2000	0,33	0,28	0,20	—	—
2500	0,38	0,33	0,28	0,22	0,17
3000	0,41	0,37	0,33	0,28	0,23
3500	0,43	0,40	0,36	0,33	0,30
4000	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33
			$\lambda_д = 8$		
2000	0,34	0,29	0,21	—	—
2500	0,39	0,34	0,29	0,23	0,17
3000	0,42	0,38	0,34	0,29	0,24
3500	0,44	0,41	0,37	0,33	0,31
4000	0,45	0,43	0,40	0,37	0,34
			$\lambda_д = 9$		
2000	0,35	0,30	0,22	—	—
2500	0,39	0,35	0,30	0,24	0,18
3000	0,42	0,38	0,34	0,30	0,26
3500	0,44	0,41	0,38	0,34	0,31
4000	0,45	0,43	0,40	0,37	0,34
			$\lambda_д = 10$		
2000	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16
2500	0,40	0,36	0,31	0,26	0,21
3000	0,43	0,39	0,35	0,30	0,26
3500	0,44	0,41	0,38	0,34	0,31
4000	0,45	0,43	0,40	0,37	0,34

l_f

P_{max} \ Δ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
			$\lambda_д = 6$		
2000	0,66	0,72	0,73	—	—
2500	0,61	0,66	0,71	0,72	—
3000	0,57	0,61	0,66	0,71	0,75
3500	0,55	0,58	0,62	0,66	0,70
4000	0,54	0,56	0,59	0,62	0,65
			$\lambda_д = 7$		
2000	0,64	0,70	0,73	—	—
2500	0,60	0,65	0,70	0,71	—
3000	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73
3500	0,55	0,58	0,61	0,65	0,69
4000	0,53	0,56	0,58	0,61	0,64
			$\lambda_д = 8$		
2000	0,63	0,69	0,72	—	—
2500	0,59	0,64	0,69	0,71	0,73
3000	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72
3500	0,54	0,57	0,60	0,64	0,68
4000	0,53	0,55	0,57	0,60	0,63
			$\lambda_д = 9$		
2000	0,62	0,68	0,72	—	—
2500	0,57	0,62	0,67	0,70	0,73
3000	0,55	0,58	0,62	0,67	0,71
3500	0,54	0,56	0,59	0,63	0,67
4000	0,53	0,55	0,57	0,60	0,62
			$\lambda_д = 10$		
2000	0,62	0,67	0,72	—	—
2500	0,57	0,62	0,66	0,71	0,73
3000	0,54	0,57	0,61	0,66	0,70
3500	0,53	0,55	0,58	0,62	0,66
4000	0,52	0,54	0,56	0,59	0,62

$l_{I_к}$

P_{max} \ Δ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
			$\lambda_д = 6$		
2000	0,30	0,45	0,49	—	—
2500	0,18	0,29	0,44	0,48	—
3000	0,12	0,21	0,32	0,46	0,60
3500	0,09	0,15	0,23	0,35	0,47
4000	0,07	0,11	0,17	0,26	0,35
			$\lambda_д = 7$		
2000	0,28	0,41	0,48	—	—
2500	0,17	0,27	0,40	0,46	—
3000	0,11	0,19	0,29	0,42	0,55
3500	0,08	0,14	0,21	0,32	0,43
4000	0,06	0,10	0,15	0,23	0,32
			$\lambda_д = 8$		
2000	0,25	0,38	0,46	—	—
2500	0,16	0,26	0,37	0,46	0,55
3000	0,10	0,17	0,27	0,39	0,51
3500	0,07	0,12	0,19	0,29	0,39
4000	0,06	0,09	0,14	0,21	0,28
			$\lambda_д = 9$		
2000	0,23	0,35	0,45	—	—
2500	0,15	0,24	0,34	0,46	0,58
3000	0,10	0,16	0,25	0,36	0,47
3500	0,07	0,11	0,18	0,27	0,36
4000	0,05	0,08	0,13	0,20	0,27
			$\lambda_д = 10$		
2000	0,22	0,33	0,44	—	—
2500	0,14	0,25	0,32	0,45	0,58
3000	0,09	0,15	0,23	0,34	0,45
3500	0,07	0,11	0,17	0,26	0,35
4000	0,05	0,08	0,13	0,19	0,25

l_{W_0}

$\lambda_д$	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{W_0}	0,41	0,34	0,28	0,23	0,19	0,16	0,15	0,14

ТАБЛИЦЫ ЗНАЧЕНИЙ α, β, μ, ν

Значения $\alpha(\rho)$

ρ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	1,047	1,058	1,069	1,080	1,091	1,102	1,114	1,126	1,138	1,150
0,1	1,162	1,175	1,188	1,201	1,214	1,228	1,242	1,256	1,1270	1,284
0,2	1,298	1,313	1,328	1,344	1,359	1,374	1,390	1,406	1,422	1,439
0,3	1,456	1,472	1,490	1,507	1,524	1,542	1,560	1,578	1,596	1,615
0,4	1,634	1,653	1,672	1,691	1,711	1,730	1,750	1,771	1,791	1,812
0,5	1,833	1,854	1,875	1,896	1,918	1,940	1,962	1,984	2,007	2,030
0,6	2,052	2,076	2,099	2,122	2,146	2,170	2,194	2,219	2,244	2,268
0,7	2,293	2,319	2,344	2,370	2,396	2,422	2,448	2,474	2,501	2,528
0,8	2,555	2,582	2,610	2,638	2,666	2,694	2,722	2,751	2,780	2,809
0,9	2,838	2,867	2,897	2,927	2,957	2,987	3,018	3,048	3,079	3,110
1,0	3,142	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Значения $\beta(\rho)$

ρ ↓ / →	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,250	0,253	0,255	0,258	0,260	0,263	0,266	0,269	0,271	0,274
0,1	0,277	0,280	0,283	0,286	0,289	0,292	0,295	0,298	0,301	0,304
0,2	0,306	0,310	0,312	0,315	0,318	0,321	0,324	0,327	0,330	0,333
0,3	0,336	0,339	0,342	0,345	0,348	0,351	0,354	0,357	0,360	0,363
0,4	0,365	0,368	0,371	0,374	0,377	0,379	0,382	0,385	0,388	0,390
0,5	0,393	0,396	0,398	0,401	0,403	0,406	0,408	0,411	0,413	0,416
0,6	0,418	0,421	0,423	0,426	0,428	0,430	0,432	0,435	0,437	0,440
0,7	0,442	0,444	0,446	0,448	0,451	0,453	0,455	0,457	0,459	0,461
0,8	0,463	0,465	0,467	0,469	0,471	0,473	0,475	0,477	0,479	0,481
0,9	0,482	0,484	0,486	0,488	0,490	0,492	0,493	0,495	0,497	0,498
1,0	0,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Значения $\mu(\rho)$

ρ →	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
0,1	0,300	0,300	0,300	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301	0,302	0,302
0,2	0,302	0,303	0,303	0,304	0,304	0,304	0,305	0,306	0,306	0,307
0,3	0,308	0,308	0,309	0,310	0,311	0,312	0,313	0,314	0,315	0,316
0,4	0,317	0,318	0,320	0,321	0,322	0,324	0,326	0,327	0,329	0,330
0,5	0,332	0,334	0,336	0,338	0,340	0,342	0,344	0,346	0,348	0,350
0,6	0,353	0,355	0,358	0,360	0,363	0,366	0,368	0,371	0,374	0,377
0,7	0,380	0,383	0,386	0,389	0,392	0,396	0,399	0,403	0,406	0,410
0,8	0,413	0,417	0,421	0,425	0,428	0,432	0,437	0,441	0,445	0,449
0,9	0,454	0,458	0,462	0,466	0,471	0,476	0,480	0,485	0,490	0,495
1,0	0,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Значения $\nu(\rho)$

ρ →	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0375	0,0384	0,0392	0,0400	0,0408	0,0416	0,0424	0,0433	0,0441	0,0450
0,1	0,0458	0,0467	0,0476	0,0484	0,0493	0,0502	0,0511	0,0520	0,0528	0,0537
0,2	0,0545	0,0554	0,0562	0,0570	0,0578	0,0586	0,0594	0,0601	0,0609	0,0617
0,3	0,0624	0,0632	0,0639	0,0646	0,0653	0,0659	0,0666	0,0673	0,0679	0,0685
0,4	0,0691	0,0697	0,0702	0,0708	0,0713	0,0718	0,0723	0,0728	0,0733	0,0738
0,5	0,0742	0,0747	0,0751	0,0755	0,0759	0,0763	0,0767	0,0771	0,0774	0,0777
0,6	0,0780	0,0783	0,0786	0,0789	0,0792	0,0794	0,0797	0,0800	0,0802	0,0804
0,7	0,0806	0,0808	0,0810	0,0812	0,0813	0,0815	0,0817	0,0819	0,0820	0,0821
0,8	0,0823	0,0824	0,0825	0,0826	0,0827	0,0828	0,0829	0,0829	0,0830	0,0830
0,9	0,0831	0,0831	0,0832	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833
1,0	0,0833	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Значения α', β', μ', ν'

$\rho'=\frac{h}{R}$	$\frac{1}{2}\rho'=\frac{h}{d}$	$\frac{\gamma}{d}$	α'	β'	μ'	ν'
1,0	0,50	0,50	2,0945	0,3750	0,4000	0,0613
1,73	0,87	1,00	1,8322	0,3330	0,3993	0,0510
2,00	1,00	1,25	1,7935	0,3284	0,3982	0,0492
2,50	1,25	1,82	1,7486	0,3234	0,3967	0,0474
2,65	1,33	2,00	1,7433	0,3218	0,3957	0,0465
3,00	1,50	2,50	1,7276	0,3205	0,3955	0,0464
3,32	1,66	3,00	1,7184	0,3185	0,3953	0,0463
3,50	1,75	3,32	1,7144	0,3179	0,3946	0,0463
3,60	1,80	3,99	1,7097	0,3173	0,3942	0,0462
3,88	1,94	4,02	1,7071	0,3169	0,3935	0,0461
4,00	2,00	4,25	1,7053	0,3164	0,3930	0,0461
4,20	2,10	4,66	1,7024	0,3163	0,3923	0,0460
4,40	2,20	5,09	1,7002	0,3159	0,3916	0,0459
4,60	2,30	5,50	1,6980	0,3156	0,3906	0,0459
4,80	2,40	6,01	1,6961	0,3154	0,3902	0,0458
5,00	2,50	6,50	1,6946	0,3151	0,3894	0,0458
5,20	2,60	7,01	1,6930	0,3149	0,3889	0,0457
5,40	2,70	7,54	1,6924	0,3147	0,3881	0,0457
5,60	2,80	8,09	1,6908	0,3146	0,3875	0,0456
5,80	2,90	8,66	1,6899	0,3145	0,3865	0,0456
5,92	2,96	9,01	1,6892	0,3144	0,3860	0,0456
6,00	3,00	9,25	1,6889	0,3143	0,3852	0,0456
6,20	3,10	9,86	1,6880	0,3142	0,3836	0,0455
6,24	3,12	9,98	1,6877	0,3142	0,3831	0,0455
6,40	3,20	10,49	1,6870	0,3141	0,3823	0,0455
6,60	3,30	11,14	1,6864	0,3141	0,3813	0,0455
6,70	3,35	11,48	1,6861	0,3140	0,3810	0,0455
6,80	3,40	11,81	1,6858	0,3139	0,3804	0,0455
6,86	3,43	12,02	1,6855	0,3139	0,3799	0,0455
7,00	3,50	12,50	1,6852	0,3139	0,3790	0,0455

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ K_1, K_2, K_3, K_4

Значения K_1

ξ/d \ h/d	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,2	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96
0,4	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93
0,6	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90
0,8	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88
1,0	0,80	0,81	0,82	0,84	0,86
1,2	0,78	0,79	0,80	0,82	0,84
1,4	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82
1,6	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81
1,8	0,73	0,75	0,77	0,78	0,80
2,0	0,72	0,74	0,76	0,77	0,79

Значения K_2

ξ/d \ h/d	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,2	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
0,4	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97
0,6	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96
0,8	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94
1,0	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94
1,2	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93
1,4	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92
1,6	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
1,8	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91
2,0	0,88	0,88	0,89	0,90	0,91

Значения K_3

ξ/d \ h/d	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,2	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94
0,4	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90
0,6	0,79	0,80	0,82	0,84	0,86
0,8	0,74	0,76	0,78	0,80	0,83
1,0	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80
1,2	0,68	0,70	0,72	0,74	0,77
1,4	0,65	0,68	0,70	0,72	0,74
1,6	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73
1,8	0,62	0,64	0,67	0,69	0,72
2,0	0,60	0,63	0,65	0,68	0,70

Значения K_4

ξ/d \ h/d	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,2	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
0,4	0,86	0,87	0,88	0,90	0,91
0,6	0,81	0,82	0,84	0,86	0,88
0,8	0,77	0,78	0,80	0,82	0,84
1,0	0,74	0,75	0,77	0,79	0,81
1,2	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79
1,4	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77
1,6	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75
1,8	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74
2,0	0,60	0,66	0,69	0,70	0,73

ТЕРМИНОЛОГИЯ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

А

Авиационное оружие. Оружие, устанавливаемое на самолетах и предназначенное для стрельбы с самолетов.

Автоматическое оружие. Огнестрельное оружие, у которого все операции перезаряжания совершаются без участия стрелка (автоматически) за счет энергии пороховых газов или других (посторонних) источников энергии.

Автомат. Ручное автоматическое (самострельное) оружие, приспособленное для стрельбы с рук и имеющее сменный магазин большой емкости (20 патронов и более).

Автоматический огонь. Стрельба из самострельного автоматического оружия очередями.

Автоматика. Совокупность механизмов и деталей автоматического оружия, выполняющих функции перезаряжания оружия и взведения ударного механизма за счет энергии пороховых газов.

Автоматический спуск. Деталь самострельного автоматического оружия, удерживающая ударный механизм во взведенном положении до запирания затвора и освобождающая его автоматически после запирания затвора.

Автоматический предохранитель. 1. Предохранитель, выключаемый автоматически при правильной изготовке оружия к стрельбе. 2. Автоматический спуск в самозарядном автоматическом оружии.

Автоскрепление. Увеличение прочности (упругого сопротивления) ствола (трубы) за счет перераспределения напряжения внутри его стенок вследствие нагружения их таким внутренним давлением, при котором внутренние слои получают пластическую деформацию.

Автофретаж. Автоскрепление.

Амортизатор. Упругое устройство, обеспечивающее некоторое перемещение оружия относительно станка (установки) и уменьшающее силовое действие отдачи на станок (установку) при стрельбе.

Антабка. Металлическая деталь на оружии для крепления ружейного ремня.

Б

Баллистический коэффициент. Основная баллистическая характеристика пули (снаряда), входящая множителем в выражение для ускорения силы сопротивления воздуха (зависит от калибра, веса и формы пули).

Барабанный велосиметр. Прибор с вращающимся барабаном для записи графика перемещения частей автоматики оружия в функции времени (велограмма).

Барабанный магазин. Круглый магазин, в котором патроны располагаются параллельно его оси.

Барабанная подача. Ленточная подача патронов, при которой перемещение ленты осуществляется вращающимся барабаном, связанным с подвижной системой автоматики оружия.

Барашковый прицел. Прицел, у которого прицельная планка устанавливается под необходимым углом путем вращения специального барабанчика (барашка) с прицельной шкалой.

Батальонный пулемет. Пулемет, состоящий на вооружении пулеметной роты стрелкового батальона.

Безопасная зона. Зона, в пределах которой безопасно расположение и передвижение своих войск при стрельбе на заданную дальность через их головы.

Безопасная дальность. Наименьшая дальность безопасной стрельбы через головы своих войск.

Боевая грань нареза. Грань нареза, на которую давит оболочка пули, движущейся по каналу ствола (видна с казенной части канала).

Боевая личинка. Деталь затвора, непосредственно удерживающая гильзу в патроннике при выстреле.

Боевая скорострельность. Предельно возможное количество выстрелов, которое в среднем можно произвести в единицу времени (в минуту) из данного образца оружия с сохранением свойственной ему меткости, с учетом вида огня и затрат времени на прицеливание, заряжание и перенос огня с одной цели на другую.

Боевая пружина. Пружина ударного механизма, под действием которой курок или ударник разбивает капсюль патрона при выстреле.

Боевое положение. Положение оружия в изготовке для ведения огня.

Боевой взвод. Поверхность курка (ударника, затворной рамы или затвора), за которую он удерживается шепталом во взведенном положении.

Боевой комплект. Количество патронов, установленное для каждого образца оружия (единица обеспечения боеприпасами).

Боевой патрон. Патрон, применяемый при стрельбе из боевого оружия для поражения живой силы или боевой техники противника.

Боевые выступы. Выступы на затворе (боевой личинке), которыми он непосредственно сцепляется со ствольной коробкой (стволом, казенником) во время выстрела с целью запирания затвора.

Боевые упоры. Две симметрично расположенные запирающие детали в образцах оружия конструкции В. А. Дегтярева (ДП, РПД, ДШК, ДШКМ).

Боек. Конец ударника (или деталь, скрепленная с ударником), которым непосредственно разбивается капсюль патрона при выстреле.

Бой оружия. Сочетание кучности стрельбы и положения средней точки попадания относительно контрольной точки при определенных условиях стрельбы.

Боковое действие пули. Способность пули, выпущенной из данного образца оружия, поражать ткани тела человека или животного в стороне от пулевого (раневого) канала.

Большой радиус рассеивания. Радиус круга, вмещающего 100 % пробоин, когда центр его совпадает со средней точкой попадания, а окружность проходит через наиболее удаленную от центра пробоину.

Бронебойная пуля. Пуля, имеющая твердый (стальной или карбидовольфрамовый) бронебойный сердечник и предназначенная для поражения бронированных целей.

Бронебойный сердечник. Твердый стальной или карбидовольфрамовый сердечник бронебойной пули или бронебойного снаряда, предназначенный для непосредственного пробития брони.

Бронепробиваемость. Способность пули (снаряда), выпущенной из данного образца оружия, пробивать броню на заданной дальности (характеризуется толщиной пробиваемой брони).

Бронетранспортерный пулемет. Пулемет, приспособленный для стрельбы с бронетранспортера.

Бумажный патрон. Патрон с бумажной (картонной) гильзой.

Бутылочность. Особенность формы патрона, имеющего резкий переход в очертании корпуса гильзы в виде ската (конического участка).

Бутылочный патрон. Патрон, имеющий резкий переход в очертании корпуса гильзы в виде ската (конического участка).

Буфер. Упругое устройство, смягчающее удары подвижной системы автоматики в заднем положении.

В

Ведущая деталь. Деталь автоматики оружия, приводящая в движение механизмы перезаряжания.

Ведущая часть пули. Цилиндрический участок пули, которым она врезается в нарезы и направляется при движении в канале ствола.

Велограмма. График пути ведущей детали (звена) автоматики оружия в функции времени.

Велосиметр. Прибор для записи элементов движения частей автоматики оружия в функции времени или пути.

Вероятное отклонение. Срединное отклонение.

Вероятность попадания. Отношение числа ожидаемых попаданий к числу выпускаемых пуль (снарядов).

Вертикальная наводка. Придание оси канала ствола определенного направления в вертикальной плоскости.

Вертлюг. Основание вращающейся вокруг вертикальной оси части пулеметного станка или пулеметной установки.

Вершина пули. Передняя (верхняя) оконечность головной части пули, имеющая закругление или площадку.

Вершина мушки. Верхняя оконечность мушки.

Вершина траектории. Наивысшая точка траектории над горизонтом оружия.

Верхний спуск. Автоспуск в замке станкового пулемета обр. 1910 г. системы Максима.

Взведение курка (ударника). Процесс постановки курка (ударника) на боевой взвод.

Взводный пулемет. Пулемет, состоящий на вооружении стрелкового отделения.

Вибрация ствола. Поперечные колебания ствола под действием сил, возникающих при стрельбе.

Вид оружия. Образцы оружия, имеющие одно и то же назначение и занимающие одинаковое положение в организации частей и подразделений армии (например, винтовки и карабины, ручные пулеметы, станковые пулеметы и т. п.).

Винт упора. Винт, которым привинчивается магазинная коробка винтовки обр. 1891/30 гг. к упору (выступу) ствольной коробки.

Винтовка. Ружье, имеющее в канале ствола винтовые нарезы и снабженное штыком для рукопашного боя.

Винтовочный гранатомет. Совокупность винтовки (карабина) с приспособлением (мортиркой) для стрельбы гранатами.

Водяное охлаждение. Охлаждение стволов пулеметов водой или другой охлаждающей жидкостью в процессе стрельбы.

Возвратная пружина. Пружина, с помощью которой подвижная система автоматики возвращается после выстрела в исходное (переднее) положение.

Возвратно-боевая пружина. Пружина, выполняющая одновременно функции возвратной и боевой пружин.

Воздушное охлаждение. Естественное охлаждение стволов автоматического оружия окружающим воздухом в процессе стрельбы.

Воспламенительный состав. Смесь горючего, окислителя, цементатора и флегматизатора, запрессовываемая в стаканчик трассирующей пули (трассер), воспламеняемая пороховыми газами при движении пули в канале ствола и воспламеняющая трассирующий состав при полете пули в воздухе.

Восходящая ветвь траектории. Участок траектории от точки вылета до вершины траектории.

Время цикла работы автоматики. Время от момента накола капсюля патрона при предыдущем выстреле до момента полной остановки частей автоматики (самозарядное оружие) или до момента накола капсюля патрона при последующем выстреле (самострельное оружие).

Втулка для холостой стрельбы. Втулка с отверстием меньше калибра оружия, которая навинчивается на дульную часть ствола (оружие с отводом газов) или ввинчивается (вкладывается) в надульник (оружие с отдачей ствола) и обеспечивает получение необходимой интенсивности действия пороховых газов на подвижную систему автоматики при стрельбе холостыми патронами.

Выбрасыватель. Деталь, непосредственно захватывающая гильзу (или патрон) в патроннике и извлекающая ее из патронника после выстрела (или при разряжании оружия).

Выбрасывающий механизм. Совокупность деталей, извлекающих стреляную гильзу (или патрон) из патронника после выстрела (или при разряжании оружия).

Выверка прицела. Процесс согласования направлений оси канала ствола, прицельной линии обычного механического прицела и линии визирования специального (зенитного) прицела.

Выводное окно. Отверстие (окно) в стенке ствольной коробки или короба, через которое удаляются из пределов оружия гильзы после выстрела или патроны при разряжании оружия.

Выкат системы. Явление в работе автоматики, когда очередной выстрел наступает раньше, чем подвижные части автоматики (подвижная система) займут крайнее переднее положение (при выкате уменьшается отдача, скорость движения подвижных частей назад, удары их в переднем и заднем положениях и улучшается устойчивость оружия при стрельбе).

Вынос точки прицеливания. Преднамеренное смещение точки прицеливания относительно цели для учета метеорологических условий или индивидуального боя оружия при стрельбе по неподвижной цели и для учета упреждения при стрельбе по движущейся цели.

Выравниватель лент. Прибор, применяемый для выравнивания патронов в пулеметной ленте.

Высота линии огня. Расстояние от плоскости опоры оружия, установленного на ровной горизонтальной площадке, до оси канала ствола, занимающей горизонтальное положение.

Высота траектории. Расстояние от горизонта оружия до вершины траектории (ордината вершины траектории).

Выстрел. Выбрасывание пули (снаряда) из канала ствола оружия давлением газов, образовавшихся при сгорании порохового заряда.

Выступающая закраина. Закраина гильзы, выступающая за боковую поверхность ее корпуса.

Г

Габарит. Фигура (круг или прямоугольник), имеющая определенные размеры и служащая для оценки боя оружия.

Газовая камора. Устройство на стволе, обеспечивающее использование энергии отводимых через отверстие в стенке ствола пороховых газов для движения подвижной системы автоматики оружия.

Газовый регулятор. Регулятор газовой каморы.

Газоотводные отверстия. Отверстия в стенке ствола и газовой каморе, через которые отводятся пороховые газы из канала ствола для действия на поршень (подвижную систему автоматики).

Гибкость огня. Свойство оружия, позволяющее наиболее быстро открывать из него огонь и переносить огонь с одной цели на другую.

Гильза. Часть патрона, соединяющая в одно целое пулю или снаряд, пороховой заряд и капсюль-воспламенитель или капсюльную втулку.

Гладкоствольное оружие. Оружие с гладкой поверхностью канала ствола (без нарезов).

Головка пули. Вершина пули.

Головная часть пули. Передняя (верхняя) часть пули от вершины до ведущей части.

Горизонт оружия. Горизонтальная плоскость, проходящая через точку вылета (центр дульного среза).

Горизонтальная дальность. Расстояние по горизонту от точки вылета (центра дульного среза) до точки падения (табличной).

Горизонтальная наводка. Придание оси канала ствола определенного направления в горизонтальной плоскости.

Гравиметрическая плотность пороха. Отношение веса пороха, свободно насыпанного в сосуд определенной формы и размеров, к занимаемому им объему (характеризует вместительность пороха).

Гранатомет. Образец оружия, стреляющего гранатой.

Граненый штык. Штык, имеющий лезвие в виде стержня с долами и гранями.

Грань нареза. Боковая стенка нареза.

Гривка прицельной планки (целика). Верхняя грань прицельной планки или целика, имеющая прорезь для прицеливания.

Грубая наводка. Процесс свободного наведения оружия с последующим закреплением (зажимом) вращающейся (качающейся) части станка (установки).

Групповое оружие. Коллективное оружие.

Д

Давление форсирования. Давление пороховых газов в канале ствола, необходимое для полного врезания пули в нарезы.

Дальность действительного огня. Дальность, при стрельбе на которую получается достаточно высокая меткость стрельбы и достаточно эффективное действие пули по типичной цели.

Дальность прямого выстрела. Расстояние от дульного среза оружия до точки пересечения траектории с линией прицеливания, при котором высота траектории пули равна высоте заданной цели.

Движок подачи. Деталь механизма подачи, совершающая поступательное движение вдоль оси ствола вместе с подвижной системой автоматики и приводящая в движение ползун подачи.

Двойная подача. Ленточная подача патронов в автоматическом оружии с извлечением патрона из звена ленты назад для последующей подачи его в патронник.

Двухсторонняя подача. Ленточная подача патронов, обеспечивающая возможность перемещения ленты как слева направо, так и справа налево при замене или перестановке некоторых деталей подающего механизма.

Действительность огня. Способность оружия (одного или нескольких видов) в определенной тактической обстановке в указанный срок выполнить поставленную огневую или тактическую задачу с наименьшим расходом патронов при необходимой самостоятельности действия стрелков (выбор цели, определение дальности, вид и момент открытия огня и т. п.).

Действительность стрельбы. Способность оружия (определенного вида) в указанный срок выполнить поставленную огневую задачу (стрелковое упражнение) с наименьшим расходом патронов при стрельбе заданным видом огня по намеченной цели, расположенной на известной дальности.

Действительный выстрел. Выстрел при наличии попадания в цель и требуемого поражения ее.

Действие пули по цели. Эффект, производимый пулей при попадании в цель.

Деривация. Отклонение вращающейся пули (снаряда) при полете ее в воздухе в сторону вращения от плоскости стрельбы.

Дефектация оружия. Осмотр образца оружия на предмет выявления неисправностей (дефектов) и определения объема и характера ремонта.

Диоптр. Отверстие в целике (прицельной планке), служащее задним визиром некоторых механических прицелов.

Диоптрический прицел. Механический прицел, у которого задним визиром служит диоптр.

Динамореактивный гранатомет. Гранатомет, при стрельбе из которого граната получает поступательное движение от пороховых газов вышибного заряда, сгорающего в открытой трубе гранатомета.

Динамическая пара. Пара сил, поворачивающая подвижную систему автоматики во время ее движения вследствие смещения центра тяжести системы автоматики от линии действия основной движущей силы (силы давления пороховых газов) или линии удара.

Дисковый магазин. Круглый магазин, патроны в котором располагаются по радиусам (перпендикулярно оси магазина).

Дистанционная линейка. Часть дистанционного зенитного прицела, по которой перемещается передний визир в зависимости от дальности (дистанции) до цели.

Дистанция стрельбы. Действительная дальность.

Длина хода нарезов. Шаг нарезов постоянной крутизны, выраженный в калибрах.

Длина прицельной линии. Расстояние от прорези прицельной планки (целика) при соответствующей установке прицела до вершины мушки.

Длинный ход ствола. Движение ствола назад при отдаче на всю длину хода подвижных частей автоматики.

Донная часть пули. Хвостовая часть пули.

Досылатель. Элемент затвора, которым очередной патрон продвигается из приемника (магазина, ленты) в патронник.

Дульная часть ствола. Передняя часть ствола.

Дульная скорость. Скорость пули (снаряда) в момент прохождения ее через плоскость дульного среза ствола.

Дульная энергия. Кинетическая энергия пули (снаряда) в момент прохождения ее через плоскость дульного среза ствола.

Дульная мощность. Произведение дульной энергии на темп стрельбы выстрелов в секунду (для оружия одиночного огня дульная мощность принимается количественно равной дульной энергии).

Дульная накладка. Предмет принадлежности, который одевается на дульную часть ствола, направляет шомпол и предохраняет дульную часть канала ствола от растирания при чистке.

Дульное давление. Давление пороховых газов в канале ствола в момент прохождения пули через плоскость дульного среза.

Дульный тормоз. Устройство, укрепляемое (навинчиваемое) на дульную часть ствола и уменьшающее энергию отдачи откатных частей или всего оружия при выстреле.

Дульный срез. Торец дульной части ствола.

Дульце гильзы. Открытая часть гильзы, в которой крепится пуля или снаряд.

Е

Единый пулемет. Пулемет, используемый в качестве ручного и станкового (будучи установленным на станок).

Емкость ленты. Наибольшее количество патронов, умещающихся в патронной ленте.

Емкость магазина. Наибольшее количество патронов, умещающихся в магазине.

Ершик. Предмет принадлежности, навинчиваемый на конец шомпола или специального стержня и служащий для смазывания поверхности канала ствола.

Естественное рассеивание. Неизбежное рассеивание пробоин (точек встречи), обусловленное свойствами оружия и боеприпасов.

Ж

Жало. Острый конец бойка или ударника во взрывателях специальных пуль и снарядов для накола капсюльного состава капсюля-воспламенителя.

Живучесть системы. Число выстрелов, которое может сделать система до выхода из строя при минимальном количестве запасных частей.

Живучесть ствола. Количество выстрелов, которое может выдержать ствол до выхода его из строя по причине уменьшения начальной скорости, увеличения рассеивания или нарушения устойчивости (срыва с нарезов) пуль.

З

Загибы магазина. Верхние загнутые края стенок магазина, удерживающие патроны от выпадания и направляющие их при досылании в патронник.

Задержка. Вынужденная остановка в стрельбе, вызванная неисправностью оружия или патрона, неправильной подготовкой оружия к стрельбе или неумелым обращением с ним.

Задержка отскока. Устройство, препятствующее отскоку ведущего звена автоматики (затвор, затворная рама) после удара его в переднем положении.

Задний конус пули. Хвостовая часть пули.

Зажигательная пуля. Пуля, имеющая зажигательный состав и предназначенная для зажигания целей.

Зажигательное действие пули. Способность пули зажигать (воспламенять) горючие вещества.

Закраина гильзы. Кольцевой выступ на донной части гильзы, за который она извлекается выбрасывателем из патронника после выстрела.

Закрывание канала ствола. Перемещение затвора к казенной части канала ствола.

Замедлитель темпа стрельбы. Устройство в самострельном автоматическом оружии, уменьшающее темп стрельбы.

Замыкатель ствола. Устройство, обеспечивающее определенное положение ствола в ствольной коробке и препятствующее самопроизвольному разъединению его со ствольной коробкой.

Запирание затвора. Процесс сцепления затвора со стволом (ствольной коробкой) перед выстрелом.

Запирающая деталь. Деталь узла запирания (рычаг, клин, упор, личинка), непосредственно сцепляющая затвор со стволом (ствольной коробкой) и передающая воспринимаемое при выстреле затвором давленне пороховых газов на опорные поверхности ствольной коробки (казенника).

Запирающий клин. Запирающая деталь, совершающая при запирании и отпирании затвора поступательное движение в затворе или ствольной коробке, перпендикулярное оси канала ствола.

Запирающий механизм. Механизм запирания затвора.

Заручное оружие. Оружие личного состава, временно выбывшего из подразделения (части) по различным причинам (отпуск, болезнь и т. п.).

Заряд. Строго определенное количество пороха заданной марки, предназначенное для производства одного выстрела.

Заряжание оружия. Процесс подготовки оружия для непосредственного открытия огня, включающий в себя присоединение снаряженного магазина или снаряженной ленты, подачу первого патрона в положение, обеспечивающее выстрел при воздействии на спусковой механизм, и взведение ударного механизма.

Зарядная камора. Камора, в которой помещается пороховой заряд до выстрела.

Затвор. Деталь (или совокупность деталей), непосредственно закрывающая канал ствола с казенной части.

Затвор поперечного движения. Затвор, имеющий при закрывании и открывании канала ствола только поступательное движение в направлении, перпендикулярном оси канала ствола.

Затворная коробка. Деталь, направляющая движение затвора при стрельбе, заряжании и перезаряжании оружия, но, в отличие от ствольной коробки, не сцепляющая затвор со стволом при выстреле (встречается в оружии с отдачей свободного затвора).

Затворная задержка. 1. Останов затвора в пистолете. 2. Деталь, удерживающая открытый затвор винтовки (карабина) от выпадания из ствольной коробки.

Затворная рама. Часть подвижной системы в оружии с отводом пороховых газов, связанная со штоком (поршнем) и выполняющая функции стебля затвора (приводящая в действие механизмы запирания и отпирания).

Затравочное отверстие. Отверстие в дне гильзы, соединяющее капсюльное гнездо с каморой заряжания.

Затылок. Металлическая часть, прикрепляемая с тыльной стороны деревянного приклада для предохранения его от повреждений.

Затыльник. Отделяющаяся задняя стенка ствольной коробки или короба.

Затяжной выстрел. Выстрел, сопровождающийся увеличенным временем от момента накола капсюля до момента вылета пули из канала ствола в сравнении с нормальным временем.

Зацеп выбрасывателя. Часть выбрасывателя, которой он непосредственно захватывает гильзу при извлечении ее из патронника.

Звено ленты. Участок патронной ленты на один патрон.

Звеньевая лента. Патронная лента, состоящая из отдельных звеньев, соединяемых между собой патронами при снаряжении ленты.

Зенитная установка. Специальная пулеметная установка, предназначенная для стрельбы по зенитным целям (самолетам).

Зеркало затвора. Передняя плоскость затвора, на которую опирается дно гильзы при выстреле.

Зеркальный зазор. Зазор между наружной поверхностью дна гильзы патрона, поданного в патронник и занимающего в нем крайнее переднее положение, и зеркалом затвора при отсутствии зазоров в сочленениях деталей узла запирания.

ЗИП. Запасные части, инструмент и принадлежность.

ЗПУ. Зенитная пулеметная установка.

И

Извлекатель гильз. Приспособление, позволяющее извлечь из патронника оторвавшееся при выстреле дульце гильзы.

Извлекатель патронов. Устройство в механизме подачи патрона из приемника в патронник, извлекающее патрон из ленты назад.

Извлекающий пулю груз. Пулеизвлекающее усилие.

Индивидуальное оружие. Оружие, состоящее на вооружении отдельных бойцов и обслуживаемое во всех условиях одним бойцом.

Искусственное рассеивание. Преднамеренное рассеивание пуль (траекторий) стрелком при свободной наводке оружия или при помощи специального механизма станка (установки).

К

Казенная часть ствола. Задняя часть ствола.

Казенник. Деталь, соединяющая (сцепляющая) затвор со стволом при выстреле, но, в отличие от ствольной коробки, не направляющая движение затвора (встречается в оружии с отдачей ствола).

Казенный срез. Срез казенной части ствола.

Калибр оружия. 1. Диаметр канала ствола по полям или расстояние между диаметрально противоположными полями (нарезное оружие). 2. Диаметр канала ствола (гладкоствольное оружие).

Канавки Ревелли. Продольные канавки в патроннике и пульном входе для улучшения прочности и экстракции гильз (появились в итальянских системах Ревелли).

Канал ствола. Внутренняя полость ствола.

Капсюль-воспламенитель. Ударный (капсюльный) состав, размещенный в металлическом колпачке и воспламеняющийся от механического (удар, накол) или теплового импульса [применяется для воспламенения порохового заряда (замедлителя) или детонации небольшой дозы взрывчатого вещества].

Капсюльное гнездо. Гнездо в донной части гильзы, куда вставляется капсюль-воспламенитель.

Капсюльное оружие. Оружие с ударно-капсюльным замком.

Капсюльный состав. Ударный состав капсюля-воспламенителя.

Карабин. Винтовка с укороченной длиной ствола.

Картечница. Механизированное оружие, у которого для приведения в действие механизмов перезаряжания используется мускульная сила стреляющего.

Категорирование оружия. Отнесение образца оружия к той или иной категории в зависимости от качественного и технического состояния его и требующегося ремонта.

Катки. Колеса пулеметного станка.

Качающаяся часть. Часть пулеметного станка (установки), вращающаяся (качающаяся) в плоскости стрельбы около горизонтальной поперечной оси.

Качающийся затвор. Затвор, имеющий при закрывании и открывании канала ствола только качательное движение на некоторый угол вокруг оси, перпендикулярной оси канала ствола и расположенной в задней части затвора.

Клиновой затвор. Затвор, имеющий при закрывании и открывании канала ствола только поступательное движение в направлении, перпендикулярном оси канала ствола.

Клинковый штык. Штык, имеющий форму ножа или кинжала.

Кобура. Чехол или футляр для носки пистолета (револьвера) на поясном ремне или портупее.

Кожух. Часть оружия, являющаяся продолжением ствольной (затворной) коробки или короба, поддерживающая переднюю (дульную) часть ствола и предохраняющая обслуживающий персонал от ожогов при разогретом стволе (иногда в нем помещается охлаждающая жидкость для охлаждения ствола).

Коллективное оружие. Оружие, обслуживаемое в бою группой (коллективом) бойцов или расчетом (например, ручные, станковые или крупнокалиберные пулеметы).

Коллиматор. Визирная часть коллиматорного зенитного прицела зенитной пулеметной установки в виде полупрозрачного наклонного стекла, на которое проектируется прицельный знак.

Колодка прицела. Часть механического прицела, служащая основанием для крепления деталей прицела и опорой для прицельного хомутика на различных установках прицела.

Колодка ударно-спускового механизма. Деталь, на которой смонтированы ударный и спусковой механизмы.

Колющее оружие. Холодное оружие (штык, пика), предназначенное для нанесения колющего удара в рукопашной схватке.

Кольцевой прицел. Механическое прицельное приспособление с кольцевым передним визиром, позволяющим брать упреждение при стрельбе по быстродвижущимся целям (самолетам).

Компенсатор. 1. Несимметричный дульный тормоз, уменьшающий (компенсирующий) опрокидывающий момент, действующий на оружие при выстреле. 2. Устройство, позволяющее выбирать (компенсировать) зазоры в сочленениях деталей оружия, возникающие вследствие осадки или износа деталей.

Комплексная зенитная установка. Зенитная пулеметная установка с несколькими пулеметами.

Конечный зазор. Диаметральный зазор между стенками гильзы и поверхностью патронника после выстрела.

Контрольная точка. Точка на мишени, через которую должна пройти средняя (табличная) траектория.

Контрольно-выверочная мишень. Специальная мишень, предназначенная для выверки прицельных приспособлений (прицелов) и положения пулеметов на зенитной установке.

Короб. Часть оружия с отдачей ствола, служащая основанием для сборки оружия и направляющая движение частей автоматики.

Коробчатый магазин. Магазин в виде продолговатой или изогнутой коробки с расположением в ней патронов в один или два ряда.

Короткий ход ствола. Движение ствола при отдаче назад на часть длины хода подвижных частей автоматики.

Корпус гильзы. Участок гильзы от ее дна до ската (или дульца у цилиндрических гильз).

Коэффициент бутылочности. Отношение среднего диаметра зарядной каморы к калибру оружия, характеризующее уширение каморы (численно равен корню квадратному из отношения приведенной длины каморы к истинной длине каморы).

Коэффициент веса пули. Отношение веса пули к кубу калибра.

Коэффициент использования металла. Отношение дульной энергии (мощности) к весу оружия.

Коэффициент поражаемого пространства. Котангенс угла падения.

Коэффициент фигурности. Отношение площади фигурной цели (мишени) к площади прямоугольника, высота и основание которого соответственно равны высоте и ширине цели.

Коэффициент фиктивности. Коэффициент при весе пули в уравнении ее движения по каналу ствола, учитывающий второстепенные работы пороховых газов (вращение пули, трение ее о поверхность канала ствола, перемещение заряда и т. п.).

Коэффициент формы. Численный множитель в выражении для баллистического коэффициента, характеризующий зависимость силы сопротивления воздуха от формы пули (каждому закону сопротивления воздуха отвечает свое значение коэффициента формы).

Кремневое оружие. Оружие с кремневым замком.

Кремневый замок. Замок, у которого воспламенение заряда осуществляется с помощью высекаемой искры (применялся в стрелковом оружии до середины XIX в.).

Крешер. Крешерный столбик.

Крешерный столбик. Обычно медный цилиндрик, предназначенный для измерения наибольшего давления пороховых газов с помощью крешерного прибора.

Крешерное оружие. Оружие, приспособленное для измерения максимального давления пороховых газов с помощью крешерного прибора.

Крешерный прибор. Устройство, ввинчиваемое в стенку ствола или вкладываемое в камору заряжания для измерения наибольшего давления пороховых газов методом пластической деформации крешера.

Крупная мушка. Положение мушки в момент прицеливания, при котором ее вершина находится над линией, соединяющей гривку прицела с точкой прицеливания.

Крупный калибр. Калибр оружия 12,7 *мм* и больше.

Крупнокалиберное оружие. Оружие калибра 12,7 *мм* и больше.

Курок. Деталь ударного механизма, имеющая вращательное движение и наносящая удар под действием боевой пружины по ударнику (бойку) или своим бойком по капсюлю-воспламенителю патрона.

Курковый ударный механизм. Ударный механизм куркового типа.

Кучность стрельбы. Степень группирования точек встречи (пробоин) вокруг средней точки попадания (центра рассеивания).

Л

Левая подача. Ленточная подача патронов при движении ленты с патронами слева направо.

Левые нарезы. Нарезы в канале ствола, имеющие левое направление (идут от казенной части к дульной справа вверх налево).

Легкая пуля. Обыкновенная винтовочная пуля нормального калибра с поперечной нагрузкой не более 22 *Г/см*^{2}.

Лезвие штыка. Участок штыка от переднего конца его до рукоятки (штыковой трубки).

Лейнер. Тонкий внутренний слой двухслойного (лейнированного) ствола, вставленный в наружный слой (оболочку) и сменяемый при износе поверхности канала.

Ленточная подача. Подача патронов в автоматическом оружии с применением патронной ленты.

Линия бросания. Прямая линия, представляющая продолжение оси канала ствола в момент прохождения пулей (снарядом) дульного среза при выстреле.

Линия визирования. Прямая, проходящая через визирные точки (прорезь прицела и вершину мушки) в механических прицельных приспособлениях или совпадающая с оптической осью в оптических визирных (прицельных) приспособлениях.

Линия выстрела. Прямая линия, представляющая продолжение оси канала ствола перед выстрелом.

Линия прицеливания. Прямая линия, проходящая от глаза стрелка (наводчика) через середину прорези прицела и вершину мушки (прицельный знак) в точку прицеливания.

Линия цели. Прямая, соединяющая точку вылета с целью.

Личное оружие. Индивидуальное оружие личной самообороны и нападения на близких расстояниях (револьвер, пистолет, шашка, кортик и т. п.).

Лодыжка. Деталь замка пулемета обр. 1910 г., с помощью которой ударник взводится на боевой взвод и удерживается на боевом взводе.

Ложа. Деревянная часть оружия (винтовки, карабина, автомата), обеспечивающая соединение частей оружия в одно целое и удобство пользования оружием.

Ложевые кольца. Кольца, применяемые в некоторых конструкциях винтовок (карабинов) для соединения ствольной накладки с цевьем ложи.

Люлька. Качающаяся в плоскости стрельбы часть вертлюга пулеметного станка или установки.

М

Магазин. Приспособление для размещения патронов при оружии и подачи их для досылания в патронник перед выстрелом.

Магазинная винтовка. Неавтоматическая винтовка с магазином (магазинной коробкой).

Магазинная коробка. Неотъемный магазин небольшой емкости (5—10 патронов).

Магазинная подача. Подача патронов в автоматическом оружии с помощью магазина.

Малокалиберное оружие. Оружие калибра, меньше нормального (обычно 5,6 *мм*).

Малый калибр. Калибр, меньше нормального (обычно 5,6 *мм*).

Малый радиус рассеивания. Радиус круга, вмещающего лучшую половину пробоин (50 %), когда центр его совпадает со средней точкой попадания.

Максимальное давление газов. Наивысшее давление, достигаемое пороховыми газами в канале ствола.

Маневренность. Свойства оружия, характеризующие подвижность оружия и удобство транспортировки его при действиях войск в различных условиях.

Математическое ожидание (величины). Сумма произведений всех возможных частных значений данной величины на отвечающие им вероятности.

Материальная часть стрелкового оружия. 1. Образцы стрелкового оружия и их устройство. 2. Учебная дисциплина (предмет), занимающаяся устройством конкретных образцов стрелкового оружия и действием его частей и механизмов.

Мелкая мушка. Положение мушки в момент прицеливания, при котором ее вершина находится под линией, соединяющей гривку прицела с точкой прицеливания.

Мельхиоризация. Отложение металла (мельхиора) от оболочки пули на поверхности канала ствола при стрельбе.

Мертвое пространство. Участок прикрытого пространства, на котором цель не может быть поражена данной траекторией.

Местное поражаемое пространство. Пространство (протяжение по местности), на котором траектория не поднимается выше цели.

Меткость стрельбы. Сочетание кучности стрельбы со степенью совмещения средней точки попадания (центра рассеивания) с серединой цели (контрольной точкой).

Механизированное оружие. Огнестрельное оружие непрерывного огня, у которого действие механизмов перезаряжания и производства выстрела происходит за счет постороннего источника энергии (двигателя).

Механизм грубой наводки. Механизм, обеспечивающий свободное наведение оружия с последующей фиксацией наводки.

Механизм запирания. Совокупность деталей, выполняющих функцию сцепления затвора со стволом (ствольной коробкой) перед выстрелом.

Механизм наведения. Механизм, с помощью которого придается оружию желаемое направление относительно станка (установки).

Механизм отпирания. Совокупность деталей, выполняющих функцию расцепления затвора со стволом (ствольной коробкой) после выстрела.

Механизм подачи. Совокупность деталей в оружии, обеспечивающих подачу патронов в приемник и из приемника в патронник.

Механизм тонкой наводки. Механизм, обеспечивающий малые угловые перемещения оружия (точную наводку) относительно станка (установки).

Механизм экстракции. Совокупность деталей в оружии, обеспечивающих извлечение гильзы из патронника после выстрела.

Механический прицел. Прицельное приспособление, состоящее из переднего визира (мушки) и заднего визира (прицела или целика).

Модернизация оружия. Приведение оружия в соответствие с современными требованиями путем изменения конструкции.

Мощность стрельбы. Количество энергии, полезно затрачиваемой оружием для поражения целей при стрельбе в единицу времени (определяется произведением энергии пули у цели, боевой скорострельности и вероятности попадания в цель).

Мушка. Передний визир механического прицельного приспособления для стрельбы по наземным целям.

Н

Наведение оружия. Наводка оружия.

Навесная траектория. 1. Траектория, получаемая при угле возвышения, большем угла наибольшей дальности. 2. Крутая (круто изогнутая) траектория.

Наводка оружия. Придание оси канала ствола определенного положения в горизонтальной и вертикальной плоскости для направления пули (снаряда) в цель.

Нагель. Металлический болт, скрепляющий ложу винтовки (карабина) и служащий опорой для стволовой коробки (ствола) при отдаче во время выстрела.

Надежность действия оружия. Свойство оружия, обеспечивающее безотказную (без задержек) продолжительную стрельбу из него в реальной боевой обстановке (в различных условиях и под воздействием огня противника).

Надульник. Устройство, применяемое в автоматическом оружии с отдачей ствола для усиления отдачи путем использования давления пороховых газов на дульный срез ствола.

Наковальня. Выступ на дне капсюльного гнезда гильзы, на котором боек разбивает ударный состав капсюля.

Накольный капсюль-воспламенитель. Капсюль-воспламенитель, срабатывающий от накола ударного состава острым металлическим жалом ударника (встречается в трубках и взрывателях снарядов и спецпуль).

Намушник. Деталь, предохраняющая мушку от случайных ударов и повреждений при обращении с оружием.

Наплечник. Приспособление, одеваемое на плечи при стрельбе для облегчения наводки оружия.

Направляющий стержень. Стержень, направляющий винтовую цилиндрическую пружину при ее работе, не позволяя ей гнуться.

Нарезная часть. Участок канала ствола, имеющий нарезы полного профиля и обеспечивающий вращательное движение пули (снаряда).

Нарезное оружие. Оружие с нарезной поверхностью канала ствола.

Нарезы. Канавки на поверхности канала ствола, вьющиеся по отлогой винтовой линии и служащие для придания пуле (снаряду) вращательного движения.

Нарезы постоянной крутизны. Нарезы, имеющие постоянный угол наклона на всей длине нарезной части канала ствола.

Нарезы прогрессивной крутизны. Нарезы, имеющие увеличивающийся угол наклона от казенной части к дульной.

Настильная траектория. 1. Траектория, получаемая при углах возвышения, меньших угла наибольшей дальности. 2. Отлогая (мало изогнутая) траектория.

Наступательная граната. Ручная граната с тонкой оболочкой и небольшим радиусом действия осколков, разрыв которой при достаточной дальности броска не опасен для бросающего.

Начальная скорость. Скорость движения пули (снаряда), вылетевшей из канала ствола, в момент прекращения действия на нее давления пороховых газов.

Начальная энергия пули. Кинетическая энергия пули, вылетевшей из канала ствола, в момент прекращения действия на нее давления пороховых газов.

Начальный зазор. Диаметральный зазор между стенками гильзы и поверхностью патронника перед выстрелом.

Неавтоматическое оружие. Огнестрельное оружие, у которого все операции перезаряжания выполняются стрелком вручную.

Невыступающая закраина. Закраина гильзы, не выступающая за боковую поверхность корпуса гильзы.

Неотъемный магазин. Магазин, который не может быть отделен в процессе стрельбы и заменен запасным.

Неполная разборка. Разборка оружия, минимально необходимая для чистки, смазки и осмотра (предусматривается наставлениями по стрелковому делу).

Непрерывный огонь. Стрельба из самострельного автоматического оружия сериями выстрелов (очередями).

Непрерывная подача. Подача патронов, обеспечивающая стрельбу без затраты времени на смену магазинов и лент (распространена в авиационном оружии).

Непрямая наводка. Наводка оружия, выполняемая по вспомогательной точке наводки.

Несвободная экстракция. Экстракция гильзы, сидящей в патроннике с некоторым натягом.

Несменяемый магазин. Магазин, не подлежащий замене его другим магазином с патронами в процессе стрельбы.

Несъемный штык. Штык, не отделяемый от оружия.

Нисходящая ветвь траектории. Участок траектории от ее вершины до точки падения.

Нормальные условия стрельбы. Атмосферное давление 750 *мм* ртутного столба, температура воздуха + 15°С, относительная влажность воздуха 50 %, полное отсутствие ветра и отсутствие угла места цели.

Нормальный калибр. Калибр винтовок, карабинов и пулеметов, установившийся в конце XIX в. (6,5—8 *мм*).

Нормальный бой оружия. Бой оружия, при котором кучность стрельбы и положение средней точки попадания соответствуют установленным для данного образца оружия нормам.

Носик пули. Вершина пули.

Ночной прицел. Прицел, позволяющий ведение прицельного огня в темноте (ночью).

Нулевая линия прицеливания. Линия прицеливания при нулевых установках прицела (параллельна оси канала ствола).

О

Оболочка. Наружная оболочка пули, в которой собраны все остальные элементы.

Оболочечная пуля. Пуля, имеющая оболочку для врезания в нарезы.

Обойма. Приспособление, позволяющее собрать несколько патронов и снаряжать магазин (заряжать оружие) несколькими патронами в один прием.

Оборонительная граната. Ручная граната с толстой оболочкой (рубашкой) и большим радиусом действия убойных осколков, которую можно бросать безопасно только из-за укрытия.

Образцовые патроны. Патроны, применяемые для проверки баллистической аппаратуры и баллистического (рабочего и контрольного) оружия.

Обрыв гильзы. Поперечный разрыв гильзы при выстреле.

Обтюрация. Предотвращение прорыва пороховых газов.

Обыкновенная пуля. Пуля, не обладающая специальными видами действия и предназначенная главным образом для поражения живой силы противника.

Объем зарядной каморы. Объем внутренней полости гильзы со вставленной в нее пулей.

Огнестрельное оружие. Оружие, у которого пуля или снаряд получает необходимую кинетическую энергию от пороховых газов, образующихся при сгорании заряда пороха в канале ствола.

Одиночный огонь. Стрельба из неавтоматического или автоматического оружия отдельными (одиночными) выстрелами.

Одиночная установка. Зенитная пулеметная установка с одним пулеметом.

Оживал. Головная часть пули, образованная вращением дуги окружности вокруг продольной оси пули.

Омеднение. Отложение металла (меди) медным ведущим устройством на поверхности канала ствола при стрельбе.

Опорные поверхности. Поверхности ствольной коробки (казенника), на которые непосредственно передается давление пороховых газов через запирающие детали при выстреле.

Оптический прицел. Прицел с оптической системой.

Оружие нормального калибра. Оружие калибра 6,5—8 *мм* (к пистолетам не относится).

Оружейный копер. Прибор для исследования оружия, имеющий вертикальные направляющие для движения подвижных частей автоматики.

Осветительный патрон. Патрон, предназначенный для освещения местности (целей) ночью.

Осечка. Задержка в работе оружия, вызванная отсутствием воспламенения порохового заряда.

Основание прицела. Выступ на стволе, ствольной коробке или коробе, на котором крепится прицел.

Основание станка. Часть остова пулеметного станка (установки), связывающая подвижную (вращающуюся) и неподвижную части станка (установки).

Основание мушки (целика). Выступ на стволе или ствольной (затворной) коробке или затворе (пистолетов) для крепления мушки (целика).

Останавливающее действие. Способность пули, выпущенной из данного образца оружия, наиболее быстро выводить (останавливать) поражаемые живые цели из строя, лишая их немедленно возможности владеть своим оружием и двигаться (имеет большое значение для револьверов и пистолетов, применяемых на малых расстояниях).

Останов затвора. Деталь, останавливающая затвор в заднем положении по израсходовании патронов в магазине или ленте.

Остов затвора. Часть затвора, непосредственно удерживающая гильзу в патронике при выстреле.

Остов станка. Часть пулеметного станка (установки), остающаяся неподвижной при наведении оружия (пулемета).

Остроконечная пуля. Пуля, имеющая вытянутую (острую) головную (оживальную) часть.

Ось канала ствола. Воображаемая прямая линия, проходящая по середине и вдоль канала ствола.

Ось рассеивания. Линия, проведенная на вертикальной или горизонтальной плоскости, по обе стороны которой приходится одинаковое количество пробоин (точек встречи).

Отбой курка. Некоторый отход курка назад после удара по ударнику для постановки его на предохранительный взвод.

Отвод газов. Отвод части пороховых газов из канала ствола при выстреле для приведения в действие механизмов автоматического оружия.

Отдача. Движение оружия (ствола, затвора) назад вследствие давления пороховых газов через дно гильзы на затвор (на дно канала ствола).

Отдача затвора. Движение свободного или полусвободного (торможенного) затвора назад вследствие давления на него пороховых газов через гильзу.

Отдача ствола. Движение ствола и связанных с ним деталей (затвора, ствольной коробки или казенника) назад вследствие давления пороховых газов на дно канала, когда затвор сцеплен со стволом, а ствол может перемещаться в коробе (кожухе).

Откидной затвор. Затвор в неавтоматическом оружии, откидывающийся при открывании канала ствола вверх или в сторону.

Откидной приклад. Приклад (обычно металлический), который может быть подогнут (сложен) для уменьшения длины оружия и отогнут (откинут) для упора в плечо при стрельбе.

Открывание канала ствола. Перемещение затвора от казенной части канала ствола для экстракции гильзы и подачи очередного патрона в патронник.

Открытый прицел. Механический прицел, имеющий открытую сверху прорезь целика (прицельной планки).

Отпирание затвора. Процесс расцепления затвора со стволом (ствольной коробкой).

Отпирающий механизм. Механизм отпирания.

Отражатель. Деталь, непосредственно действующая на гильзу при удалении (отражении) ее из пределов оружия после извлечения из патронника.

Отражательный механизм. Совокупность деталей, удаляющих извлеченную из патронника гильзу из пределов оружия.

Отражение гильзы. Удаление извлеченной из патронника гильзы из пределов оружия после выстрела.

Отрывной механизм. Устройство в спусковом механизме автоматического оружия (установки), обеспечивающее быстрое отпускание шептала при медленном прекращении воздействия на спусковой механизм и предохранение этим шептала и боевого взвода от разрушения.

Отскок подвижной системы. Отход ведущего звена подвижной системы автоматики на некоторую величину назад вследствие упругого удара его в крайнем переднем положении.

Отъемный магазин. Магазин, который может быть легко и быстро отделен от оружия в процессе стрельбы и заменен запасным магазином с патронами.

П

Пальцы подавателя. Пальцы ползуна.

Пальцы ползуна. Детали, прикрепляемые к ползуну и непосредственно захватывающие ленту с патронами для подачи очередного патрона в приемник.

Патрон (боевой). Совокупность пули или снаряда, порохового заряда, капсюля или капсюльной втулки, соединенных в одно целое с помощью гильзы.

Патрон с усиленным зарядом. Патрон с увеличенным весом заряда и повышенным максимальным давлением пороховых газов, применяемый при испытаниях оружия на оружейных заводах.

Патрон центрального боя. Патрон, у которого капсюль-воспламенитель размещен в дне гильзы концентрично продольной оси патрона.

Патрон бокового боя. Патрон, у которого ударный состав запрессован в закраину гильзы.

Патронник. Участок канала ствола, в котором помещается гильза патрона, поданного для выстрела.

Пантронташ. Вид патронной сумки, приспособленной для ношения на поясе или на груди.

Патронная лента. Холщовая или металлическая лента с гнездами для патронов, применяемая в автоматическом оружии (пулеметах) для подачи патронов в приемник (питания).

Пачка. Особый вид обоймы, вместе с которой патроны при заряжании оружия вкладываются в магазинную коробку.

Переводчик огня. Деталь спускового механизма, позволяющая переключать автоматику оружия с одиночного огня на непрерывный огонь и обратно.

Перезаряжание оружия. Процесс подготовки оружия к следующему выстрелу, включающий в себя отпирание затвора, открывание канала ствола, извлечение гильзы из патронника, отражение ее из пределов оружия, подачу очередного патрона в приемник и из приемника в патронник, закрывание канала ствола, запирание затвора и взведение ударного механизма.

Перегородка. Стенка, отделяющая капсюльное гнездо от внутреннего пространства гильзы (зарядной каморы).

Перекидной прицел. Прицел, представляющий согнутую под прямым углом пластину (целик) с прорезями, которую можно повернуть около горизонтальной поперечной оси и поставить одну из двух установок прицела (целика).

Перископический прицел. Оптический прицел в виде перископа, позволяющий стрелку прицеливаться и вести огонь, не высовываясь из-за укрытия.

Пирамида. Приспособление для размещения оружия при хранении (обычно в вертикальном положении).

Пистолет. Личное огнестрельное, носимое в кобуре оружие самозащиты и нападения на противника, находящегося в непосредственной близости (до 50 *м*).

Пистолет-пулемет. Автомат, стреляющий пистолетными патронами.

Пламягаситель. Устройство, укрепляемое (навинчиваемое) на дульную часть ствола и уменьшающее видимость пламени при стрельбе.

Пластинчатый прицел. Механический прицел, состоящий из одной или нескольких пластин с прорезями, которые можно путем поворота ставить в вертикальное положение для прицеливания.

Плоскость стрельбы. Вертикальная плоскость, проходящая по линии выстрела (бросания).

Плотность заряжания. Отношение веса заряда к объему зарядной каморы.

Поводок. 1. Наконечник возвратной (возвратно-боевой) пружины, размещенной в прикладе оружия. 2. Деталь станка (установки), непосредственно действующая на подвижную систему (рукоятку) пулемета при отведении подвижной системы назад во время заряжания и перезаряжания.

Поворотный механизм. Механизм горизонтального наведения оружия.

Подача. Процесс перемещения патронов в приемник и из приемника в патронник.

Подающий механизм. Механизм подачи.

Подствольный магазин. Магазин в виде трубки, расположенной под стволом оружия (винтовки, карабина).

Подтяг ленты. Процесс подтягивания ленты к оружию за счет постороннего источника энергии с целью улучшения надежности действия оружия (встречается в авиационных установках).

Подвижная система. Совокупность деталей автоматики, совершающих при выстреле поступательное движение вдоль оси канала ствола.

Подаватель. Деталь механизма двойной подачи патронов, непосредственно воздействующая на патрон при перемещении его из приемника в патронник.

Подъемный механизм. Механизм вертикального наведения оружия.

Подлокотники. Приспособление для установки локтей при стрельбе из оружия.

Подсумок. Патронная сумка, приспособленная для ношения на поясном ремне.

Позднее отпирание. Отпирание затвора при незначительном давлении пороховых газов в канале ствола, близком к атмосферному.

Ползунковая подача. Ленточная подача патронов, при которой перемещение ленты в поперечном направлении осуществляется ползуном.

Полуавтоматическое оружие. Огнестрельное оружие, у которого часть операций перезаряжания совершается автоматически, а часть выполняется стрелком вручную.

Ползун. Деталь механизма ленточной подачи патронов, совершающая поступательное движение в поперечном направлении и перемещающая ленту с патронами.

Поля нарезов. Промежутки (выступы) между нарезами на поверхности канала ствола.

Полевые станки (установки). Пулеметные станки (установки), состоящие на вооружении стрелковых и других подразделений и сопровождающие эти подразделения во всех видах и стадиях боя.

Полусвободный затвор. Торможенный затвор.

Поперечная нагрузка. Отношение веса пули к площади поперечного сечения нарезной части канала ствола.

Поперечный разрыв гильзы. Отрыв части гильзы при выстреле.

Поражаемая зона. Величина площади рассеивания на горизонтальной плоскости и величина поражаемого пространства (для данной цели).

Поршень. Деталь подвижной системы оружия с отводом пороховых газов, на которую непосредственно действуют отводимые пороховые газы.

Постоянный прицел. 1. Установка прицела, соответствующая дальности прямого выстрела по наиболее типичной цели, на которой всегда находится оружие и применяется в бою при отсутствии данных или времени на перестановку прицела. 2. Прицел с одной неизменной установкой угла прицеливания.

Полная разборка. Максимально возможная разборка оружия и его узлов для чистки, смазки, осмотра или ремонта (предусматривается наставлениями по стрелковому делу).

Походное положение. Положение оружия в изготовке к походу (маршу).

Правая подача. Ленточная подача патронов в оружии при движении ленты справа налево.

Правые нарезы. Нарезы в канале ствола, имеющие правое направление (идут от казенной части к дульной слева вверх направо).

Практическая скорострельность. Боевая скорострельность.

Предельная дальность. Наибольшая дальность полета пули при стрельбе под углом наибольшей дальности.

Предохранитель. Приспособление, обеспечивающее безопасность работы автоматики или безопасность обращения с оружием.

Предохранительный взвод. Поверхность курка (или ударника), за которую он удерживается шепталом в положении, исключающем случайный выстрел.

Предохранитель мушки. Намушник.

Предохранительный рычаг. Деталь, стопорящая спусковой рычаг и исключающая выстрел при случайном нажатии на него (обычно у станковых и крупнокалиберных пулеметов).

Предохранительный спуск. Автоматический спуск в самозарядном автоматическом оружии.

Предупредитель спуска. Особенность спускового механизма, у которого перед спуском ударного механизма заметно меняется усилие на спусковом крючке, предупреждая стрелка о предстоящем выстреле.

Приведенная длина каморы. Длина каморы, объем которой равен объему действительной каморы заряжания, а площадь поперечного сечения равна площади поперечного сечения нарезной части канала ствола.

Приведение оружия к нормальному бою. Процесс приведения кучности стрельбы и положения средней точки попадания относительно контрольной точки в соответствие с установленными нормами.

Приемник. 1. Часть механизма ленточной подачи патронов, в которую подается лента для последующей подачи патронов в патронник. 2. Часть магазина, в которую подаются патроны по очереди для последующего досылания их в патронник.

Приклад. Часть ложи или отдельная часть ручного оружия, которой оно непосредственно прикладывается к плечу во время стрельбы.

Прикладный магазин. Магазин, расположенный в прикладе оружия (винтовки, карабина).

Прикладистость. Удобство расположения ручного оружия в руках, способствующее повышению скорострельности и меткости стрельбы.

Прикрытое пространство. Пространство за укрытием, не пробиваемым пулей, до точки падения.

Принадлежность. Набор предметов для ухода за оружием (разборки, сборки, чистки, смазки) и устранения задержек при стрельбе.

Пристрелочный станок. Станок, позволяющий осуществить прицеливание, зафиксировать наводку оружия и произвести выстрел (применяется для приведения оружия к нормальному бою).

Пристрельщик. Отличный стрелок, выполняющий стрельбу при приведении оружия к нормальному бою.

Пристрелочная мишень. Специальная мишень, предназначенная для проверки боя оружия и приведения его к нормальному бою.

Пристрелочная пуля. Разрывная пуля, дающая видимые разрывы на местности и позволяющая корректировать огонь.

Приспособление для холостой стрельбы. Приспособление к боевому автоматическому оружию, позволяющее вести стрельбу холостыми патронами при надежном действии автоматики

Приспосабливаемость к местности. Свойство оружия, обеспечивающее возможность установки его на огневой позиции, маскировки и ведение огня в любых условиях местности.

Прицел. Часть прицельного приспособления с задним визиром (целиком), позволяющая устанавливать требуемые углы прицеливания.

Прицельная рамка. Деталь механического прицела в виде рамки с делениями прицела.

Прицельная планка. Деталь механического прицела в виде сплошной планки с делениями прицела.

Прицельное кольцо. Кольцо в механизме тонкой наводки пулеметного станка с нанесенной шкалой прицела.

Прицельный станок. Станок, позволяющий осуществить прицеливание и зафиксировать наводку оружия (применяется в учебных целях на занятиях по стрелковой подготовке).

Прицельная дальность. 1. Дальность полета пули, соответствующая наибольшему делению прицела. 2. Расстояние от точки вылета (центра дульного среза) до точки падения.

Прицельное приспособление. Приспособление, состоящее обычно из механического прицела и мушки, позволяющее придавать оружию требуемые направления и углы возвышения для поражения целей при стрельбе.

Прицельная линия. Отрезок прямой линии, соединяющий середину прорези прицела на данной установке его с вершиной мушки.

Прицельное поражаемое пространство. Пространство (протяжение по линии прицеливания), на котором нисходящая ветвь траектории не превышает высоты цели.

Прицельный хомутик. Часть механического прицела, перемещающаяся по прицельной планке (рамке, стойке) для установки прицела.

Прицеливание. Процесс совмещения линии прицеливания с точкой прицеливания.

Пробивное действие пули. Способность пули, выпущенной из данного образца оружия, проникать в различные преграды (характеризуется глубиной проникновения или максимальной толщиной пробиваемой преграды).

Проверка боя оружия. Определение рассеивания (кучности) и положения средней точки попадания относительно контрольной точки при стрельбе из оружия по специальной (пристрелочной) мишени.

Проверочная мишень. Пристрелочная мишень.

Продольный разрыв гильзы. Разрыв стенки гильзы при выстреле вдоль образующей поверхности корпуса.

Производственно-экономические свойства. Свойства оружия, характеризующие стоимость его изготовления и возможность изготовления в больших количествах в ограниченное время.

Прорезь прицела. Вырез на гривке прицельной планки (рамки, хомутика, целика), служащий задним визиром для прицеливания.

Противопехотная граната. Осколочная граната, предназначенная для поражения главным образом живой силы противника.

Противотанковая граната. Фугасная или кумулятивная граната, предназначенная для поражения бронированных целей (танков) противника.

Противотанковое ружье. Ружье (винтовка), обладающее высоким бронепробивным действием пули и применяемое для стрельбы по бронированным целям (обычно снабжается сошками).

Противотанковый гранатомет. Гранатомет, стреляющий противотанковой гранатой и применяемый для стрельбы по бронированным целям (танкам).

Протирка. Предмет принадлежности, предназначенный для чистки (протирания) канала ствола.

Проточка гильзы. Кольцевая канавка на донной части гильзы с невыступающей или частично выступающей закраиной.

Профиль нарезов. Фигура, образующаяся при сечении нарезов плоскостью, перпендикулярной оси канала ствола.

Пружина ударника. Пружина, удерживающая ударник в заднем положении.

Прямая подача патронов. Подача патронов в автоматическом оружии с извлечением патрона из звена ленты или магазина вперед для подачи его в патронник.

Прямая наводка. Наводка оружия, выполняемая непосредственно по цели.

Прямой выстрел. Выстрел, при котором траектория не поднимается над линией прицеливания выше цели на всем протяжении прицельной дальности.

Прямоугольные нарезы. Нарезы, у которых смежные (плоские) грани параллельны.

Пулеизвлекающее усилие. Максимальное усилие, которое необходимо приложить к пуле в осевом направлении, чтобы извлечь ее из дульца гильзы.

Пулемет. Коллективное самострельное автоматическое оружие.

Пулеметный станок. Подставка под пулемет, снабженная механизмами наведения, обеспечивающая устойчивость оружия при стрельбе и удобство обслуживания его в бою.

Пулеулавливатель. Устройство (обычно металлический ящик с песком), обеспечивающее перехват (улавливание) пуль при стрельбе в лаборатории или тире.

Пульный вход. Конический участок канала ствола, соединяющий патронник с нарезной частью и обеспечивающий плавное врезание пули в нарезы.

Пуля. Часть патрона, выпускаемая при выстреле из оружия и предназначенная для непосредственного поражения целей (в отличие от снаряда врезается в нарезы не ведущим пояском, а своим корпусом — оболочкой).

Пуля дум-дум. Разворачивающаяся пуля, названная так по месту изготовления первых образцов такого типа (арсенал в районе Калькутты).

Пуля двойного действия. Пуля, сочетающая в себе два вида специального действия (например, бронебойно-зажигательная).

Пуля специального действия. Специальная пуля, устройство которой позволяет успешно применять ее для поражения боевой техники противника (обладает несколькими или одним из следующих видов специального действия: бронепробивным, зажигательным, трассирующим, фугасным).

Пуля тройного действия. Пуля, сочетающая в себе три вида специального действия (например, бронебойно-зажигательно-трассирующая).

Р

Разворачивающаяся пуля. Пуля с ослабленной головной частью, сильно деформирующаяся (разворачивающаяся) или разрывающаяся при попадании в преграды небольшого сопротивления.

Разгар чашечки затвора. Разрушение поверхности зеркала (дна чашечки) затвора вокруг отверстия для выхода бойка продуктами разложения ударного состава, прорывающимися при выстреле между стенками колпачка капсюля и капсюльного гнезда гильзы.

Раздутие ствола. Местное увеличение диаметра канала ствола пороховыми газами вследствие резкого торможения пули в канале при наличии в нем постороннего тела.

Разобщитель. Деталь спускового механизма, освобождающая шептало при выстреле и обеспечивающая остановку ударного механизма во взведенном положении независимо от того, продолжает стреляющий воздействовать на спусковой механизм или нет.

Разрывная пуля. Пуля, имеющая разрывной заряд взрывчатого вещества и разрывающаяся вследствие детонации его при попадании в цель (пули ударного действия) или при полете в воздухе (пули дистанционного действия).

Разряжание оружия. Процесс приведения оружия в безопасное состояние после стрельбы, включающий в себя отделение магазина или ленты, удаление из оружия патрона или стреляной гильзы, спуск ударного механизма и постановку системы на предохранитель.

Ракетница. Сигнальный пистолет.

Ракурс. Отношение видимого бокового перемещения зенитной цели за один и тот же промежуток времени к действительному ее перемещению (оно равно отношению видимой длины цели к действительной ее длине).

Раковины. Высшая стадия разрушения поверхности детали (канала ствола) коррозией, характеризующаяся наличием заметных углублений.

Рамка. Часть пистолета (револьвера), служащая основанием (остовом) для сборки всех других частей.

Рамочный прицел. Механический прицел, шкала которого нанесена на прицельной рамке.

Раннее отпирание. Отпирание затвора при наличии значительного давления пороховых газов в канале ствола.

Рассеивание. Степень разброса (рассеивания) пробоин (точек встречи) вокруг средней точки попадания (центра рассеивания).

Расклинивание системы. Возникновение поперечных (расклинивающих) усилий и дополнительных сил трения при движении подвижной системы автоматики.

Реактивный гранатомет. Гранатомет, при стрельбе из которого граната получает движение в результате действия реактивной силы, возникающей при сгорании реактивного заряда в каморе гранаты (ракеты) и выхода газов в канал открытой трубы.

Револьвер. Личное огнестрельное оружие, имеющее вращающийся барабан с каморами для патронов.

Регулятор газовой каморы. Совокупность деталей (или деталь) газовой каморы, обеспечивающих регулирование интенсивности действия пороховых газов на подвижную систему автоматики оружия с отводом пороховых газов.

Режим огня. Количество выстрелов, которое может быть произведено из данного образца оружия в течение определенного периода времени без ущерба для материальной части, меткости стрельбы и мер безопасности.

Рикошет. Отражение пули (снаряда) от поверхности преграды и продолжение ее полета по новой траектории.

Ровная мушка. Положение мушки в момент прицеливания, при котором ее вершина находится на одной линии, соединяющей гривку прицела с точкой прицеливания.

Ротный пулемет. Пулемет, состоящий на вооружении пулеметного взвода стрелковой роты.

Рубашка. Мягкий (обычно свинцовый) слой между стальным (или карбидовольфрамовым) сердечником и оболочкой пули, обеспечивающий врезание оболочки в нарезы.

Рубящее оружие. Холодное оружие (шашка, клинок, тесак), предназначенное для нанесения рубящего удара в рукопашной схватке.

Ружье. Ручное (индивидуальное) огнестрельное оружие с гладкой поверхностью канала ствола.

Рукоятка перезаряжания. Рукоятка, за которую отводится подвижная система автоматического оружия при заряжании его.

Рукоятка управления. Рукоятка, за которую оружие удерживается при стрельбе и с помощью которой изменяется его направление.

Ручная граната. Граната, бросаемая рукой.

Ручной пулемет. Пулемет, устанавливаемый при стрельбе на переднюю опору (сошки) и упираемый прикладом в плечо.

Ручное оружие. Индивидуальное огнестрельное оружие, приспособленное для стрельбы с рук или с упором в плечо.

С

Самовзвод курка. Взведение и спуск курка при однократном нажатии только на спусковой крючок.

Самозарядное оружие. Автоматическое оружие, у которого перезаряжание осуществляется автоматически за счет энергии пороховых газов, а каждый выстрел — при воздействии стрелка на спусковой механизм.

Самоскрепление. Автоскрепление.

Самострельное оружие. Автоматическое оружие, у которого автоматически за счет энергии пороховых газов осуществляется перезаряжание и производство выстрела (при воздействии на спусковой механизм получается непрерывный огонь).

Самопроизвольная автоматическая стрельба. Продолжение стрельбы самострельного автоматического оружия после освобождения спускового механизма, вызванное неисправностью оружия.

Сапожок. Ведущий выступ затворной рамы у некоторых образцов оружия с отводом пороховых газов (пулемет СГМ).

Сбережение оружия. Поддержание оружия в боевой готовности и предохранение его от коррозии путем бережного обращения и систематической чистки и смазки.

Сваливание оружия. Поворот оружия вокруг линии прицеливания (наклон оружия в сторону).

Свободная экстракция. Экстракция гильзы, свободно сидящей в патроннике (без натяга).

Свободный лейнер. Лейнер, имеющий свободную посадку в оболочке (с зазором).

Свободный затвор. Затвор, не сцепленный со стволом при выстреле и получающий свободное движение назад под давлением пороховых газов через дно гильзы.

Свободный ход. Перемещение ведущего звена автоматики назад из крайнего переднего положения до начала отпирания затвора.

Сдвоенные выстрелы. Серия в два и более выстрелов при однократном воздействии на спусковой механизм при стрельбе из самозарядного автоматического оружия или с переводчиком на одиночном огне при стрельбе из самострельного автоматического оружия.

Сегментные нарезы. Нарезы, имеющие в поперечном сечении форму дуги окружности, радиус которой меньше половины калибра.

Секторный прицел. Механический прицел, имеющий колодку прицела с плавной кривой направляющей поверхностью для опоры прицельного хомутика.

Сетка разгара. Система мелких поверхностных трещин на поверхности канала ствола (обычно в казенной части), ориентированных в продольном и поперечном направлениях и образующих подобие сетки.

Сердечник. Свинцовая или стальная центральная часть пули.

Сердцевина рассеивания. Четырехугольник, образованный пересечением двух сердцевинных полос рассеивания (включает в себя лучшую половину всех пробоин).

Сердцевинная полоса. Лучшая полоса рассеивания, расположенная вдоль одной из осей рассеивания и включающая в себя 70% всех пробоин (точек встречи), при расположении средней точки попадания (центра рассеивания) в середине этой полосы.

Сигнальный патрон. Патрон, предназначенный для целей сигнализации.

Сигнальный пистолет. Пистолет, предназначенный для стрельбы сигнальными и осветительными патронами.

Система стрелкового вооружения. Совокупность видов стрелкового оружия, занимающих определенное место в организации частей и подразделений и предназначенных для решения определенных боевых задач в современном бою.

Система стрелкового оружия. Совокупность образцов стрелкового оружия, состоящих на вооружении армии.

Скат гильзы. Конусный участок гильзы, соединяющий дульце с корпусом.

Скользящий затвор. Затвор, имеющий при закрывании и открывании канала ствола только поступательное движение вдоль оси канала ствола.

Скорострельность. Число выстрелов, произведенное в единицу времени (минуту) при определенных условиях.

Скрепление труб. Процесс одевания одной трубы на другую с натягом.

Скрепленный ствол. Ствол, состоящий из двух или нескольких слоев, одетых друг на друга с натягом.

Следы ржавчины. Поражение поверхности детали (канала ствола) коррозией, характеризующееся наличием темных пятен, незначительных углублений и шероховатостей.

Сменяемый магазин Магазин, заменяемый после израсходования патронов в процессе стрельбы запасным магазином с патронами.

Сменный ствол. Ствол, легко отделяемый от оружия и заменяемый запасным стволом на огневой позиции для охлаждения или после потери живучести.

Снайперская винтовка. Винтовка, имеющая отличный бой, снабженная оптическим прицелом и предназначенная для вооружения отличного стрелка-снайпера.

Снаряжение магазина (ленты). Наполнение отделенного магазина или ленты патронами.

Сноп траекторий. Совокупность траекторий пуль (снарядов), полученная при большом числе выстрелов вследствие естественного рассеивания.

Сопряжение траекторий. Совмещение в пространстве и времени траекторий различных пуль одного и того же патрона с заданной точностью при одних и тех же углах прицеливания.

Сопряженные траектории. 1. Траектории одних и тех же пуль (мин, снарядов), имеющие одинаковую горизонтальную дальность при разных углах возвышения. 2. Траектории разных пуль, имеющие одинаковую горизонтальную дальность при одинаковых углах возвышения (прицеливания).

Составная лента. Разъемная патронная лента, состоящая из отдельных кусков, соединяемых между собой очередным патроном при снаряжении ленты патронами.

Сошки. Передняя опора при стрельбе из ручных пулеметов.

Спаренная установка. Зенитная пулеметная установка с двумя пулеметами.

Специальная пуля. Пуля, обладающая одним или несколькими видами специального действия (бронебойное, трассирующее, зажигательное, фугасное).

Сплошная пуля. Монолитная пуля, состоящая вся из одного и того же материала (свинца, томпака, стали).

Сплошная лента. Неразъемная патронная лента, все звенья которой соединены в одно целое.

Спусковая деталь. 1. Деталь спускового механизма (крючок, рычаг, тяга), подвергающаяся непосредственному воздействию со стороны стрелка при открытии огня и при стрельбе. 2. Деталь спускового механизма, связывающая шептало с той спусковой деталью, на которую воздействует стрелок.

Спусковая рама. Деталь оружия, служащая основанием для сборки спускового механизма.

Спусковая тяга. 1. Деталь спускового механизма, передающая усилие от спускового крючка шепталу и работающая на растяжение. 2. Деталь спускового механизма, на которую непосредственно воздействует стрелок, имеющая поступательное движение (пистолет ТТ).

Спусковая скоба. Деталь, предохраняющая спусковой крючок от случайного нажатия.

Спусковой механизм. Механизм, обеспечивающий удержание деталей ударного механизма во взведенном положении и освобождение их в нужный момент, позволяя тем самым открыть или прекратить огонь из оружия.

Спусковой рычаг. 1. Деталь спускового механизма, передающая усилие от спускового крючка (рычага) шепталу и работающая на изгиб или сжатие. 2. Деталь спускового механизма, на которую непосредственно воздействует стрелок, имеющая форму рычага, вращающегося на оси (встречается в станковых и крупнокалиберных пулеметах). 3. Деталь спускового механизма, непосредственно удерживающая своим шепталом затвор или затворную раму на боевом взводе.

Спусковой крючок. Спусковая деталь, вращающаяся на оси и имеющая форму крючка для нажатия указательным пальцем.

Срединное отклонение. Половина лучшей полосы рассеивания, расположенной вдоль одной из осей рассеивания, включающей в себя 50% всех пробоин (точек встречи), при расположении средней точки попадания (центра рассеивания) в середине этой полосы.

Срединный магазин. Магазин (магазинная коробка), расположенный в вертикальной плоскости, проходящей через ось канала ствола, непосредственно у казенного среза ствола.

Средняя траектория. Траектория, проходящая в середине снопа траекторий и соответствующая средней точке попадания.

Средняя точка попадания. Точка пересечения взаимно перпендикулярных осей рассеивания при достаточно большом числе выстрелов или центр тяжести пробоин (точек встречи) при отдельных выстрелах.

Стабильность боя. Свойство оружия сохранять бой одинаковым при различных условиях стрельбы.

Станковый пулемет. Пулемет нормального калибра, устанавливаемый на специальный станок, обеспечивающий ему хорошую устойчивость, удобство наведения и стрельбы.

Ствол. Основная часть огнестрельного оружия, позволяющая использовать энергию порохового заряда, сгорающего в зарядной каморе, чтобы сообщить

пуле (снаряду) вращательное и поступательное движение с нужной скоростью в нужном направлении.

Ствольная коробка. Часть оружия, соединяющая (сцепляющая) затвор со стволом при выстреле и направляющая движение подвижных частей автоматики.

Ствольная накладка. Деревянная часть, закрывающая сверху ствол винтовки (карабина) и предохраняющая стрелка от ожогов при сильно нагретом стволе.

Стебель затвора. Часть затвора, с помощью которой остов затвора или боевая личинка занимают положения, соответствующие запертому и отпертому затвору, открытому и закрытому каналу ствола.

Стоечный прицел. Механический прицел, шкала которого нанесена на вертикальной стойке прицела, по которой перемещается прицельный хомутик.

Стойка прицела. Деталь механического прицела, занимающая вертикальное положение при стрельбе и имеющая шкалу для установки прицельного хомутика.

Стрелковое вооружение. Стрелковое оружие, а также боеприпасы к нему, все приборы, принадлежность, запасные части и приспособления.

Стрелковое оружие. Огнестрельное оружие, стреляющее пулей.

Стреляющий механизм. Совокупность ударного и спускового механизмов (ударно-спусковой механизм).

Ступенчатый прицел. Механический прицел, имеющий колодку прицела со ступеньками для прицельного хомутика на различных установках.

Съемный штык. Штык, отделяемый от оружия.

Сыпь. Первичная стадия поражения поверхности детали (канала ствола) коррозией, характеризующаяся потускнением поверхности и образованием мелких темных точек и крапин.

Т

Табличная начальная скорость пули. Начальная скорость пули, принятая в таблицах стрельбы.

Тело пулемета. Станковый (или крупнокалиберный) пулемет без станка (установки).

Теоретическая скорострельность. Темп стрельбы.

Темп стрельбы. Предельное количество выстрелов, которое можно произвести из самострельного автоматического образца оружия в единицу времени без учета времени заряжания, прицеливания и исправления наводки (характеризует продолжительность цикла работы автоматики).

Техническая скорострельность. Темп стрельбы.

Техническое обслуживание оружия. Проведение всех технических мероприятий, направленных на поддержание оружия в исправности и постоянной боевой готовности.

Толкатель. Деталь (поршень) у систем с отводом пороховых газов и коротким ходом поршня, передающая импульс давления пороховых газов ведущей части автоматики (стеблю затвора, затворной раме с отделенным поршнем) и занимающая исходное положение под действием своей пружины.

Томпакизация. Отложение металла (томпака) томпаковым ведущим устройством (плакированной оболочкой пули) на поверхности канала ствола при стрельбе.

Танковое оружие. Оружие, приспособленное к условиям стрельбы из танка.

Торможенный затвор. Затвор, не сцепленный со стволом при выстреле, но встречающий сопротивление при движении назад за счет какой-либо связи со ствольной (затворной) коробкой.

Точка падения (табличная). Точка пересечения траектории пули (снаряда) с горизонтом оружия.

Точка падения. Точка пересечения нисходящей ветви траектории с линией прицеливания.

Точка прицеливания. Точка, по которой наводится оружие путем прицеливания.

Точка встречи. Точка пересечения траектории с поверхностью цели (преграды).

Точка выстрела. Точка, в которой находится движущаяся цель в момент выстрела.

Точка наводки. Точка прицеливания.

Траектория. Линия полета пули или воображаемый след полета пули в воздухе.

Трапецевидные нарезы. Нарезы, у которых смежные (плоские) грани не параллельны.

Трассирующее действие. Способность пули обозначать (трассировать) траекторию, т. е. оставлять видимый след при полете (характеризуется длиной и яркостью трассы).

Трассирующая пуля. Пуля, имеющая трассирующий состав и позволяющая получить видимый след (трассу) при полете.

Трассирующий состав. Смесь горючего, окислителя, цементатора и флегматизатора, запрессовываемая в стаканчик трассирующей пули (трассер) и дающая при горении видимый след полета пули (трассу).

Трубка холодной пристрелки (ТПХ). Оптический прибор для направления оси канала ствола в выбранную точку при выверке прицелов и приведении оружия к нормальному бою.

Тугая экстракция. Экстракция гильзы, сопровождающаяся задержкой при стрельбе вследствие большого усилия.

Тупоголовая пуля. Пуля с короткой головной частью в виде полусферы или близкой к ней по форме.

Тяжелая пуля. Обыкновенная винтовочная пуля нормального калибра с поперечной нагрузкой свыше 25 *Г/см²*.

У

Убойное действие. Способность пули, выпущенной из данного образца оружия, наносить поражение живым целям противника, выводя их из строя совсем или на длительное время.

Угол безопасности. Угол прицеливания, отвечающий безопасной дальности при стрельбе через головы своих войск.

Угол бросания. Угол, составленный линией бросания и горизонтом оружия.

Угол возвышения. Угол, составленный линией выстрела и горизонтом оружия, если линия выстрела выше горизонта оружия.

Угол встречи. Угол между касательной к траектории в точке встречи и касательной поверхностью к цели (преграде) в той же точке.

Угол вылета. Угол, образуемый направлениями оси канала ствола в дульной части до выстрела и в момент прохождения пулей дульного среза.

Угол наибольшей (предельной) дальности. Угол возвышения, при котором получается наибольшая горизонтальная дальность.

Угол места цели. Угол между линией цели и горизонтом оружия.

Угол падения (табличный). Угол между касательной к траектории в точке падения (табличной) и горизонтом оружия.

Угол падения. Угол между касательной к траектории в точке падения и линией прицеливания.

Угол прицеливания. Угол, образованный линией прицеливания и линией выстрела.

Угол склонения. Угол, образованный линией выстрела и горизонтом оружия, если линия выстрела ниже горизонта оружия.

Ударник. Деталь ударного механизма, наносящая удар по капсюлю.

Ударно-капсюльный замок. Замок, выполняющий работу разбития капсюля, одеваемого на затравочный стержень шомпольного ружья.

Ударный капсюль-воспламенитель. Капсюль-воспламенитель, срабатывающий от динамического сжатия (удара) ударного состава.

Ударный механизм. Механизм, выполняющий работу разбития капсюля патрона при выстреле.

Ударный механизм куркового типа. Ударный механизм, имеющий курок, на который непосредственно действует боевая пружина и который наносит удар по ударнику.

Ударный механизм ударникового типа. Ударный механизм, у которого ударник получает кинетическую энергию непосредственно от боевой или возвратно-боевой пружины.

Ударный состав. Смесь инициатора, горючего и окислителя, чувствительная к ударным импульсам и наколу и применяемая для снаряжения капсюлей-воспламенителей.

Ударниковый ударный механизм. Ударный механизм ударникового типа.

Узел запирания. Совокупность деталей оружия, обеспечивающих удержание гильзы в патроннике во время выстрела.

Указчик. Лицо, показывающее результаты стрельбы по мишени.

Универсальный пулемет. Пулемет, приспособленный для стрельбы по наземным и воздушным целям.

Универсальный станок. Пулеметный станок, позволяющий ведение огня из пулемета по наземным и воздушным целям.

Унитарный патрон. Патрон, у которого все элементы соединены в одно целое.

Унификация оружия. Сведение к однообразию образцов, механизмов и деталей оружия.

Упреждение. Вынос направления стрельбы вперед движущейся цели с расчетом встречи с ней пули (снаряда).

Упрежденная линия цели. Прямая линия, соединяющая оружие с упрежденной точкой.

Упрежденная точка. Точка, в которой пуля (снаряд) должна встретиться с движущейся целью.

Упор ствольной коробки (ствола). Выступ на ствольной коробке (или стволе) винтовки (карабина, автомата), которым передается усилие отдачи на ложу.

Усиленный патрон. Патрон с усиленным зарядом.

Усилие экстракции. Усилие, которое необходимо приложить к гильзе, чтобы извлечь ее из патронника.

Усилие спуска. Усилие, которое необходимо приложить к спусковой детали, чтобы спустить курок (ударник, затвор или затворную раму) с боевого взвода.

Ускоритель. Деталь ускорительного механизма, непосредственно ускоряющая движение затвора относительно ствола.

Ускорительный механизм. Совокупность деталей в оружии с отдачей ствола (с коротким ходом), составляющих часть механизма открывания канала ствола и обеспечивающих передачу необходимой кинетической энергии от ствола затвору.

Установка. Станок к пулеметам специального назначения (авиационным, танковым, зенитным и т. п.).

Устойчивость пули. Способность пули сохранять при полете в воздухе направление головной части вперед при уменьшающемся угле отклонения продольной оси пули от касательной к траектории центра тяжести.

Устье патронника. Место пересечения поверхности патронника с казенным срезом ствола.

Учебное оружие. Оружие, применяемое в учебных целях (изучение устройства, приемов заряжания, разряжания, рукопашного боя и т. п.).

Учебные патроны. Патроны, не имеющие порохового заряда и предназначенные для тренировок в приемах заряжания и разряжания оружия.

Ф

Фиксация патрона. Удержание патрона, поданного в патронник, строго в определенном положении для разбития капсюля-воспламенителя.

Фиксатор патрона. Устройство в некоторых образцах оружия с боковыми перемещениями патронов в процессе подачи, предотвращающее проскакивание очередного патрона по инерции дальше того положения, из которого он подается непосредственно в патронник.

Фитильный замок. Приспособление в старых образцах оружия, позволяющее закреплять в нем тлеющий фитиль и воспламенять с помощью его затравку пороха и пороховой заряд в канале ствола.

Флегматизатор. 1. Вещество (камфора), применяемое для обработки пороховых зерен с целью уменьшения скорости горения наружных слоев. 2. Вещество, добавляемое в пороховой заряд для понижения температуры пороховых газов и увеличения живучести ствола.

Флянец гильзы. Закраина гильзы.

Фольговый кружок. Кружок из оловянистой фольги, приклеиваемой к ударному составу капсюля-воспламенителя для предохранения его от разрушения и влияния внешних условий.

Форсирование пули. Врезание пули в нарезы за счет разности диаметров пули и канала ствола по полям.

Х

Хвост ствольной коробки. Задняя часть ствольной коробки винтовки обр. 1891/30 гг. с отверстием для винта, соединяющего ее с магазинной коробкой.

Хвостовая часть пули. Задняя (нижняя) коническая часть пули от донного (хвостового) среза до начала ведущей части.

Хвостовой винт. Винт, соединяющий хвост ствольной коробки винтовки обр. 1891/30 гг. с магазинной коробкой.

Холодное оружие. Неогнестрельное оружие (штык, шашка и др.), предназначенное для нанесения колющих или рубящих ударов в рукопашной схватке.

Холостая грань нареза. Грань нареза, на которую не давит оболочка при движении пули по каналу ствола (видна с дульной части канала ствола).

Холостая стрельба. Стрельба холостыми патронами.

Холостой патрон. Патрон, имеющий заряд быстро сгорающего пороха, не имеющий пули и предназначенный для стрельбы во время учений, маневров и отдачи салютов.

Хранение оружия. Содержание оружия в условиях, исключающих его порчу и хищение.

Хронограф. Прибор для измерения малых промежутков времени (например, времени движения пули на малом участке траектории).

Ц

Цевье. Часть ложи, в которой размещается ствол со ствольной коробкой.

Целевое оружие. Специальное оружие, имеющее отличный бой и хорошую прикладистость и предназначенное для меткой спортивной стрельбы.

Целик. 1. Подвижный задний визир механических прицелов, позволяющий учитывать боковые поправки при стрельбе. 2. Задний визир постоянного прицела.

Цементатор. Связывающее вещество, добавляемое в различные смеси (трассирующие составы и др.) для лучшей спрессовываемости.

Центр рассеивания. Средняя точка попадания.

Центр сопротивления. Точка приложения равнодействующей сил сопротивления воздуха, действующих на пулю при полете в воздухе.

Цикл работы автоматики. Однократный процесс работы частей автоматики за время одного выстрела.

Цикловая диаграмма. 1. График перемещения ведущего звена автоматики в функции времени с отметкой на нем моментов начала и конца работы отдельных механизмов. 2. Система отрезков прямых линий, означающих величины перемещения ведущего звена автоматики за время работы различных механизмов.

Цилиндрический патрон. Патрон, имеющий гильзу без ската.

Цинка. Коробка из оцинкованного железа, в которую укупориваются патроны стрелкового оружия.

Ч

Частично выступающая закраина. Закраина гильзы, частично выступающая за боковую поверхность ее корпуса.

Чашечка затвора. Углубление на переднем торце затвора (боевой личинки) для донной части гильзы.

Ш

Шаг ленты. Расстояние между осями двух смежных гнезд ленты.

Шаг нарезов. Длина участка канала ствола, на котором нарезы делают полный оборот.

Шаг подачи. Величина перемещения ленты в приемнике или патрона в магазине за время одного цикла работы автоматики.

Шатун. 1. Деталь курка у револьверов двойного и тройного действия, обеспечивающая взведение курка самовзводом. 2. Деталь кривошипно-шатунного механизма запирания.

Шарошка. 1. Предмет принадлежности для механического удаления порохового нагара в отверстиях газовой каморы, газового регулятора или в патрубке поршня. 2. Режущий инструмент (прибор) для снятия заусенцев на дульном срезе ствола или в устье патронника.

Шашка. 1. Калибр для проверки плотности запирания затвора. 2. Холодное рубящее оружие.

Шептало. 1. Деталь, удерживающая ударный механизм во взведенном положении. 2. Часть детали (спускового рычага), непосредственно соприкасающаяся с боевым взводом во взведенном положении ударного механизма.

Шейка приклада. Часть ложи, соединяющая цевье с прикладом и служащая для удержания оружия при стрельбе.

Шляпка гильзы. Закраина гильзы.

Шомпол. Предмет принадлежности для чистки канала ствола.

Шомпольное оружие. Оружие, заряжаемое с дульной части с помощью шомпола.

Шток. Деталь подвижной системы автоматического оружия с отводом пороховых газов через отверстие в стенке ствола, на которую через поршень действуют отводимые пороховые газы.

Штык. Холодное колющее оружие в виде острого граненого стержня или кинжала, укрепляемое на дульной части ручного огнестрельного оружия (ружья, винтовки, карабина, автомата) и предназначенное для рукопашного боя.

Штыковая трубка. Трубка штыка, которой он одевается на дульную часть ствола оружия.

Щ

Щелочной состав. Жидкость, применяемая при чистке оружия после стрельбы для размягчения и удаления порохового нагара.

Щечки. Деревянные (или из пластической массы) детали, прикрепляемые с боков к рукоятке пистолета и других образцов оружия, имеющих рукоятки управления.

Э

Электрокапсюль-воспламенитель. Капсюль-воспламенитель, срабатывающий от нагрева капсюльного состава электрозапалом.

Эксплуатация оружия. Всестороннее использование оружия в боевой подготовке войск и ведении боя, а также проведение всех технических мероприятий, направленных на поддержание его в исправности и постоянной боевой готовности.

Эксплуатационные свойства оружия. Свойства, характеризующие возможности боевого применения оружия и удобство поддержания его в исправности и постоянной боевой готовности.

Экстрагирующий механизм. Выбрасывающий механизм.

Экстрактор. Выбрасыватель.

Экстракция гильзы. Извлечение гильзы из патронника после выстрела.

Эталонные патроны. Образцовые патроны.

Эффективность оружия. Свойства оружия, характеризующие возможности воздействия его на живую силу и боевую технику противника при нормальном техническом состоянии и безотказном действии (действие пуль по целям, боевая скорострельность, меткость и дальнобойность).

Эффективность стрельбы. Результаты стрельбы с точки зрения поражения целей (попадания и действия пуль), затраченного времени и расхода боеприпасов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Благонравов. Основания проектирования автоматического оружия. Оборонгиз, 1940.

2. Д. А. Вентцель. Внутренняя баллистика. Военно-воздушная инженерная академия им. Жуковского, 1948.

3. Э. А. Горов. Основания проектирования автоматического оружия. Артакадемия им. Дзержинского, 1954.

4. Э. А. Горов, Н. И. Гиатовский. Основания устройства автоматического оружия. Пензенское высшее артиллерийское инженерное училище, 1960.

5. В. М. Кириллов. Основания проектирования стволов стрелкового оружия. Артакадемия им. Дзержинского, 1956.

6. В. М. Кириллов. Основания устройства стрелкового оружия. Ленинградское высшее артиллерийское инженерное училище, 1956.

7. В. М. Кириллов. Терминология стрелкового оружия. Ленинградское высшее артиллерийское инженерное училище, 1957.

8. В. А. Малиновский. Основания устройства и проектирования пулеметных станков и установок, Артакадемия им. Дзержинского, 1952.

9. Н. Г. Меньшиков, В. М. Кириллов. Основания устройства и проектирования пуль патронов стрелкового оружия. Артиллерийская инженерная академия им. Дзержинского, 1955.

10. В. А. Протопопов. Теория работы орудийных гильз. Военно-воздушная академия им. Жуковского, 1946.

11. В. Е. Слухоцкий. Поправочные формулы внутренней баллистики. Воениздат, 1941.

12. Таблицы внутренней баллистики, ч I, II, III, IV. Воениздат, 1942.

13. Таблицы внешней баллистики, часть вторая, основные и вспомогательные функции и поправочные коэффициенты. Воениздат, 1950.

14. Я. М. Шапиро. Внешняя баллистика. Оборонгиз, 1946.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. **Основные свойства стрелкового автоматического оружия**

§ 1. Классификация стрелкового оружия 3
§ 2. Осиовные свойства стрелкового оружия 12
§ 3. Виды стрелкового оружия 25

Глава II. **Выбор баллистического решения**

§ 4. Постановка задачи на проектированиие оружия 44
§ 5. Действие пуль по целям 46
§ 6. Выбор калибра, веса и скорости пули 66
§ 7. Анализ вариантов баллистического решения 75
§ 8. Выбор условий заряжания 80
§ 9. Давление пороховых газов 92

Глава III. **Патроны стрелкового оружия**

§ 10. Характеристика различных видов патронов 98
§ 11. Общие сведения о пулях и их проектировании 103
§ 12. Наружное очертаиие пуль 106
§ 13. Сопряжение траекторий пуль 110
§ 14. Виутреннее устройство пуль 114
§ 15. Материалы, применяемые для изготовления пуль 125
§ 16. Обеспечение безопасности и взводимости взрывательиых устройств пуль 129
§ 17. Обеспечение устойчивости пуль при полете в воздухе 133
§ 18. Расчет динамических характеристик пуль 138
§ 19. Опытиое определение дииамических характеристик пуль 149
§ 20. Проверка элементов пуль иа прочность 155
§ 21. Общие сведения о гильзах и их проектироваиии 160
§ 22. Форма гильзы 163
§ 23. Размеры элемеитов гильзы 170
§ 24 Очертание стенок корпуса гильзы 177
§ 25. Работа гильз при стрельбе 182
§ 26. Материалы, применяемые для изготовления гильз 197
§ 27. Об экспериментальном исследованни прочности и экстракции гильз 203
§ 28. Способы обеспечения прочности и экстракции гильз при больших давлениях газов 211
§ 29. Определение усилия экстракции гильзы 213
§ 30. Влияиие технологии изготовления на основиые свойства патронов 217

Глава IV. **Стволы стрелкового оружия**

§ 31. Устройство стволов и понятие о их проектировании 228
§ 32. Прочность стволов моноблоков 239
§ 33. Прочность скрепленных стволов 255
§ 34. Лейнирование стволов 276
§ 35. Автоскрепление стволов 278
§ 36. Вибрация стволов 282
§ 37. Нагрев стволов и способы их охлаждения 287
§ 38. Крепление ствола в ствольной коробке 293
Приложения 299
Литература 340

Технический редактор *Т. Михайлова*
Корректор *А. Самохина*
Рисунки выполнены *В. Раздольской*

Сдано в набор 3.6.1964. Подписано к печати 20.1.1964.
Формат 60×90¹/₁₆. Объем: 21,5 печ. л.; 23,12 уч.-изд. л.
Г-37720. Изд. № 14. Типография ПВАИУ. Зак. 590.
(Цена 1 руб. 20 коп. для внутриведомственной продажи).